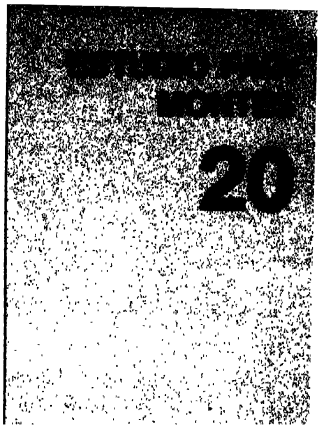
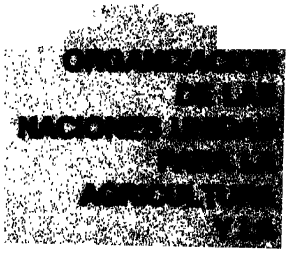
Mejora genética de árboles forestales



me sobre el
o de capacitación FAO/DANIDA
e la
ora genética de árboles forestales
da, Venezuela
o-febrero de 1980



Reimpresión, 1984

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites

M-31

ISBN 92-5-300943-8

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse al Director de Publicaciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

© FAO 1980

RESUMEN

El Curso de Capacitación FAO/DANIDA sobre la Mejora Genética de Arboles Forestales se celebró en Venezuela del 14 de enero al 2 de febrero de 1980. El Curso fué organizado por el Departamento de Montes de la FAO en colaboración con el Gobierno Venezolano, la Universidad de los Andes, y el Instituto Latinoamericano de Investigación y Capacitación. Los fondos para el Curso fueron facilitados por el Organismo Danés de Fomento Internacional (DANIDA). Asistieron 19 profesionales de 17 países de América Latina: Argentina (1), Bolivia (1), Brasil (1), Chile(1), Colombia (1), Costa Rica (1), Cuba (1), República Dominicana (1), Ecuador (1), Guatemala (1), Honduras (1), Nicaragua (1), Panamá (1), Paraguay (1), Perú (1), Uruguay (1) y Venezuela (3).

El Curso consistió en dos semanas de Conferencias y demostraciones prácticas en Mérida y un viaje de estudio de una semana de duración a los estados de Barinas en el oeste y Monagas en el este de Venezuela.

Las conferencias se dedicaron a los siguientes temas: Mejoramiento genético de árboles forestales en relación con la política forestal nacional; los elementos y principios de la genética; conservación y uso racional de los recursos genéticos forestales; recolección y manipulación de semillas forestales; almacenamiento, pruebas y certificación de semillas; diseños experimentales; interpretación estadística de los resultados de ensayos; ensayos de especies y procedencias; selección y manejo de rodales semilleros; selección de árboles; genética cuantitativa; métodos de propagación vegetativa; sistemas y diseños de cruzamiento controlado; establecimiento y manejo de huertos semilleros; ensayos de progenie; interacción genotipo x ambiente; mejora genética de la resistencia contra enfermedades; estrategias para programas de mejoramiento; consideraciones económicas de programas de mejoramiento.

INDICE

		Página
1.	Introducción	1
2.	Organización y conducta del Curso	1
3.	Conclusiones	2
4.	Agradecimientos	2
APENDICES		
I.	Lista de los instructores, del personal de apoyo y de los participantes	4
II.	Programa del Curso: parte teórica	8
III.	Programa del Curso: Viaje de Estudio	9
IV.	Conferencias :	10
	Mejoramiento de árboles forestales en relación con la política forestal nacional y el manejo de árboles forestales (R.L. Willan)	11
	Elementos y principios de la genética (W.H.G. Barrett)	18
	Principios y estratégia para el mejor aprovechamiento de los recursos genéticos forestales (C. Palmberg)	27
	El muestreo en la recolección de semillas forestales (C. Palmberg)	51
	La recolección y manipulación de semillas forestales (C. Palmberg & G.H. Melchior)	57
	Almacenaje, ensayos y certificación de semillas forestales (B. Ditlevsen)	75
	Diseños experimentales (B. Ditlevsen)	100
	Interpretación estadística de los resultados de ensayos (B. Ditlevsen)	118
	Ensayos de especies y procedencias (R.L. Willan)	141
	Rodales semilleros (M. Quijada)	154
	Selección y manejo de rodales semilleros con especial referencia a coníferas (W.H.G. Barrett)	158
	Selección y manejo de rodales semilleros: latifoliadas (C.Palmberg)	166
	Selección de árboles forestales (M. Quijada)	169
	Genética cuantitativa: principios generales y su aplicación práctica en la mejora de árboles forestales (B. Ditlevsen)	177

	Página
Métodos de propagación vegetativa (M. Quijada)	189
Sistemas y diseños de cruzamiento controlado (B. Ditlevsen)	197
Huertos semilleros (W.H.G. Barrett)	213
Ensayos de progenie (M. Quijada)	224
Interacción genotipo - ambiente (M. Quijada)	231
Mejora de árboles para resistencia a las enfermedades (C. Palmberg)	236
Consideraciones económicas de programas de mejora de árboles forestales (B. Ditlevsen)	248
Planificación y estratégias de un programa de mejora genética forestal (C. Palmberg, D.K. Paul & R.L. Willan)	264
Algunos aspectos de la problemática del mejoramiento genético con latifoliadas nativas en Venezuela (M. Quijada)	285
V. Notas del Viaje de Estudio	
1. Floración, producción de semillas y polinización artificial en Bombacopsis quinata en Venezuela	288
2. Programa de plantación en los Llanos Orientales, Venezuela	291
3. Actividades y recursos humanos necesarios para el programa de plantación de la CVG, Uverito	292
4. Cronograma de actividades, CVG, Uverito	293
VI. Informes de países	294
VII. Bibliografía	335
1. Publicaciones distribuídas a los participantes	335
2. Otras publicaciones de interés	336
VIII. Certificado de Participación entregado a los participantes	341

Apertura del Curso. C. Palmberg (FAO); Dr P. Rincón Gutiérrez (Rector, Universidad de los Andes); Dr R. Chalbaud Zerpa (Gobernador del Estado de Mérida); y Ing. J.R. Corredor Trejo (Decano, Facultad de Ciencias Forestales, ULA)

Apertura del Curso. Dr R. Chalbaud Zerpa (Gobernador del Estado de Mérida); C. Palmberg (Co-Director de la FAO del Curso); B. Ditlevsen (Co-Director de DANIDA del Curso); A. Luna Lugo (ULA); y W.H.G. Barrett (Director Internacional del Curso).

1. INTRODUCCION

El Curso de Capacitación FAO/DANIDA sobre la Mejora Genética de Arboles Forestales se celebró en Venezuela del 14 de enero al 2 de febrero de 1980, por la amable invitación del Gobierno Venezolano. El Curso fue organizado por el Departamento de Montes de la FAO con la ayuda financiera del Organismo Danés de Fomento Internacional, DANIDA; con la colaboración técnica de la Universidad de los Andes, Mérida; y con el apoyo del Instituto Latinoamericano de Investigación y Capacitación, ILPLAIC.

El Curso se organizó dentro del marco del programa para la mejora genética de árboles forestales de la FAO, siendo una actividad paralela a los Cursos anteriores sobre el mismo tema que se celebraron en Dinamarca en 1966, en Kenya en 1973, y en Tailandia en 1976.

El objetivo del Curso de la región latinoamericana, dirigido a profesionales, fue ofrecer a los participantes conocimientos teóricos y prácticos actuales en la mejora genética de árboles forestales, y ayudar a establecer contactos entre forestales y entre institutos de la región trabajando en este campo.

19 participantes de 17 países de América Latina participaron en el Curso (véase Apéndice I).

El Director Internacional del Curso fue Dr. W.H.G. Barrett de Argentina. Dr. M. Quijada R. del Instituto de Silvicultura, Universidad de los Andes se desempeñó como Co-Director Nacional, Dr. B. Ditlevsen de Dinamarca actuó como Co-Director de DANIDA, e Ing. C. Palmberg fue el Co-Director de la FAO.

2. ORGANIZACION Y CONDUCTA DEL CURSO

Las primeras dos semanas del Curso, se dedicaron a conferencias y ejercicios prácticos relacionados con la mejora genética de árboles forestales. Durante la tercera semana se hizo un Viaje de Estudio a los estados de Barinas en el oeste y Monagas en el este de Venezuela.

El Programa detallado del Curso se encuentra en los Apéndices II y III.

El presente Curso se vió beneficiado por las experiencias obtenidas en cursos anteriores.

En relación a los anteriores cursos se puso en éste mayor énfasis en diseños ntales y evaluación estadística de ensayos; también se incluyeron, en lo posible, técnicas de mejora de latifoliadas tropicales.

Durante todo el Curso se acentuó la relación estrecha entre la política nacional forestal y los programas de mejora genética, tratando de dar a los participantes una perspectiva amplia de los problemas de mejoramiento. También se subrayaron contínuamente los diversos requisitos prévios que justifican la iniciación de un programa de mejora genética, tales como la disponibilidad de tierra y un programa sustancial de repoblación forestal.

Antes del Curso, los instructores prepararon notas de conferencias escritas que se distribuyeron a los participantes a su llegada a Mérida, junto a copias de algunos documentos y publicaciones de importancia fundamental o interés general. Las conferencias se reproducen en Apéndice IV; una bibliografía,que incluya las publicaciones distribuídas a cada participante, se encuentra en Apéndice VII.

Antes de su llegada a Mérida los participantes llenaron un cuestionario sobre la situación actual de las plantaciones y sobre la mejora genética de árboles forestales en sus respectivos países. Esta información, que servía como base de los "Informes de Países" - una breve charla presentada por cada participante - se encuentra en Apéndice VI.

3. CONCLUSIONES

El Curso proporcionó conocimientos los cuales serán aplicados y divulgados por los participantes en sus respectivos países. Sin menospreciar éste aspecto, se debe también destacar el valor que ha sin duda tenido para los 19 participantes representantes de 17 países, la oportunidad de reunirse para intercambiar información y experiencias, y discutir con especialistas de otros países los problemas comunes.

El momento fué particularmente oportuno para un curso de ésta naturaleza ya que la mayoría de los países latinoamericanos están intensificando sus actividades de plantación con miras a satisfacer las necesidades nacionales de madera y leña, incluyendo en los programas la introducción de especies exóticas y programas de selección y mejoramiento.

De suma importancia y valor fue el Viaje de Estudio al final del Curso, que les dió a los participantes la oportunidad de ver los problemas que se puedan encontrar en la práctica, y a discutir posibles compromisos y soluciones a estos probl

Es preciso destacar que en gran medida el éxito del Curso se debió al interés manifestado por los participantes. Esto ayudó a superar algunas dificultades iniciales tales como los diferentes niveles de preparación técnica que poseían. La camaradería y buen humor que reinaron permanentemente contribuyeron a crear un ambiente propicio y estimulante para las actividades del Curso.

4. AGRADECIMIENTOS

FAO desea expresar su agradecimiento al Gobierno de Dinamarca, quien a través del Organismo Danés de Fomento Internacional, patrocinó el Curso y al Gobierno Venezolano, quién se ofreció en hospedar el Curso. Debe agradecer además, la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de los Andes, Mérida, que brindaba un valioso aporte de profesionales y funcionarios administrativos y el Consejo de Desarrollo Científico Humanístico, CDCH, por su apoyo financiero; el Instituto Latinoamericano de Investigación y Capacitación, IFLAIC, que puso a disposición del Curso su sala de Conferencias y su biblioteca; la Corporación Venezolana de Guayana, CVG, y la Compañía Nacional de Reforestación, CONARE quienes a través de su cooperación hicieron posible el Viaje de Estudio; el Laboratorio Nacional de Productos Forestales, LABONAC, y el Centro de Computación de la Universidad de los Andes, por su colaboración durante el Curso.

Especial agradecimiento debemos al Sr. Gobernador del Estado de Mérida, Dr. Reinaldo Chalbaud Zerpa, quien con su interés personal contribuyó al éxito del Curso, asegurando que los participantes adquirieran conocimientos y percepción de las tradiciones y costumbres venezolanas y merideñas.

Finalmente, FAO agradece la valiosa colaboración de los instructores y personal de apoyo; agradece el interés de los participantes y, en general, expresa su reconocimiento a todas aquellas personas que mediante su interés y esfuerso hicieron posible el éxito del Curso.

PARTICIPANTES E INSTRUCTORES DEL CURSO:
Primera fila, de la izquierda a la derecha: M.E. Quínteros (Paraguay); J.A. Enricci (Argentina); A. Gonzalez (Cuba); A. Gomez da Fonseca (Brasil); A. Martinez (Panama); G. Moreno (Chile).
Segunda fila, de la izquierda a la derecha: J. Morales (Venezuela); A. Zapata (Venezuela); G.H. Raets (IFLAIC); J. Campos (Venezuela); R.A. Rodriguez (Rep. Dominicana); M. Quijada (Venezuela); R. Miliani (Venezuela); C. Palmberg (FAO); W.H.G. Barrett (Argentina); D.J. Moreno (Bolivia); T. Quintini (Venezuela); R. Escudero (Uruguay); B. Ditlevsen (Dinamarca); P.E. Silva de la Maza (Nicaragua); O.V. Anleu (Guatemala); H.E. Carrillo (Peru); D. Villalobos (Honduras); R. Valcarcel (Brasil); G.E. Porras (Costa Rica); A. Ramirez (Venezuela ; C.C. Castillo (Venezuela); O. Carrero (Venezuela); A. Copete (Colombia); O. Linares (Venezuela).

Instituto de Silvicultura, Universidad de los Andes, Mérida.

Apéndice I.

CURSO DE CAPACITACION
FAO/DANIDA
SOBRE LA
MEJORA GENETICA DE ARBOLES FORESTALES

INSTRUCTORES Y PERSONAL DE APOYO

Dr Wilfredo H.G. Barrett
Fiplasto Forestal
Maipu 942 - Piso 21
1340 - Buenos Aires
Argentina

Dr. Marcelino Quijada R.
Sección de Genética Forestal
Instituto de Silvicultura
Universidad de Los Andes
Mérida
Venezuela

Dr Bjerne Ditlevsen
Skovstyrelsen
Strandvejen 863
DK-2930 Klampenborg
Dinamarca

Miss Christel Palmberg, M.F.
Dirección de Recursos
Forestales, Departamento de
Montes, Via delle Terme
di Caracalla, I - 00100 Roma
Italia

****

Ingº Herman Finol U.
Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales, Vía Chorros de
Milla, Mérida
Venezuela

Ingº L. Rodrigues Poveda
Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales, Vía Chorros de
Milla, Mérida
Venezuela

Ingº S. Gimenez Fonseca
Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales, Vía Chorros de
Milla, Mérida
Venezuela

Dr. G.H. Raets
Instituto Latinoamericano
de Investigación y Capacitación, Apartado 36
Mérida
Venezuela

Dr. Oton Holmquist
Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales, Vía Chorros de
Milla, Mérida
Venezuela

PARTICIPANTES

ARGENTINA

Ingº Juan Andres Enricci
Estación Forestal Trevelin
Casilla Correo No. 17
Trevelin - Chubut (9203)

BOLIVIA

Ingº Deimer Jesus Moreno
PRONAPLAF
Casilla Correo No. 209
Avaroa No. 637
Sucre

BRASIL

Ingº Agostinho Gomes da Fonseca
I.B.D.F./D.Pq. - Ed.
Palacio do Desenvolvimento
13 Andar - SEN.
Brasilia - D.F.

CHILE

Ingº Gustavo Moreno Diaz
Corporación Nacional Forestal
Centro de Semillas
Casilla 5
Chillan

COLOMBIA

Ingº Alejandro Copete Perdomo
INDERENA
Instituto Nacional de los
Recursos Naturales Renovables
Calle 26 No. 13 B-47
Bogota

COSTA RICA

Ingº Guillermo Enrique Porras Sandoval
Dirección General Forestal
Ministerio de Agricultura y Ganaderia
San José

CUBA

Lic. Anibal Gonzalez Roque
Sección de Genética
Centro de Investigaciones Forestales
Calle 174 No. 1723 E/ 17B y 17C
Siboney - Marianao

Rep. DOMINICANA

Sr. Ramon Agustin Rodriguez R.
Dirección General Forestal
Centro de los Héroes
Apartado Postal 1336
Santo Domingo

ECUADOR

Ingº Jaime Narvaez
Arosemena Tola No. 452
Urb. Borja Yerovi Sector 32
Quito

GUATEMALA

Sr. Osman Vinicio Anleu
BANSEFOR
Instituto Nacional Forestal
7ª Av. 7-00 Zona 13
Guatemala Ciudad

HONDURAS

Sr. Angel Danilo Villalobos Nuñez
Sección Mejoramiento Genético
Escuela Nacional de Ciencias
Forestales, Apdo No. 2
Siguatepeque

NICARAGUA

Lic.Pedro Eloy Silva de La Maza
Sección de Investigación Forestal
Instituto Nicaraguense de Recursos
Naturales y del Ambiente, I.R.E.N.A.
Managua

PANAMA

Lic. Aristides Martinez Montilla
Sección de Mejoramiento Genético
Dirección Nacional de Recursos
Naturales Renovables
Paraíso, Panama 5

PARAGUAY

Ingº Martin Eugenio Quinteros Doldan
Servicio Forestal Nacional
Centro Forestal Alto Paraná
Cd. Strossner

PERU

Ingº **Hugo Edgar Carrillo Vargas**
Dirección General Forestal y de Fauna
Región Agraria IV
Prolongación Raimondi S/Nº
Huaraz

URUGUAY

Ingº Rafael Escudero Rodriguez
Facultad de Agronomía
Departamento Forestal
Universidad de la República
Avenida Garzón 780
Montevideo

VENEZUELA

Ingº Oswaldo Carrero
Centro de Investigación Forestal
Compañía Nacional de Reforestación
CONARE
Apdo. No. 264
Maturin/Edo. Monagas

Ingº Tomas Quintini
Sub-Gerencia Forestal
Corporación Venezolana de
Guayana, CVG
Centro Comercial Los Olivos
Puerto Ordaz/ Edo. Bolívar

Ingº Roberto Miliani
Estacion Experimental de Semillas
Forestales, M.A.R.N.R.
El Limon
Maracay/Edo. Aragua

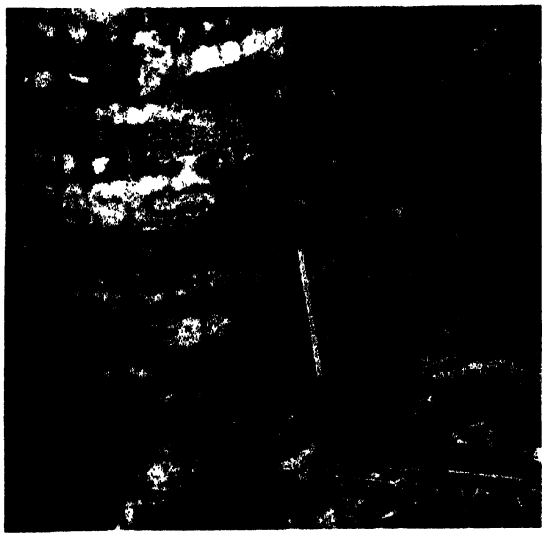
OBSERVADORES

Lic. Carmen Cecilia Castillo
División de Desarrollo Agrícola, CVG
Edificio La Estancia, Piso 13
Chuao, Caracas

Ingº Jairo Morales
CONARE, Programa Coloradito
Apartado 196
El Tigre/Edo. Anzoategui

Sr. José Campos
Sub-Gerencia Forestal, CVG
Centro Comercial Los Olívos
Puerto Ordaz/Edo. Bolívar

****



Bombacopsis quinata, variación genética en la ocurrencia de aletones.

Apéndice II.

CURSO DE CAPACITACION FAO/DANIDA
SOBRE LA MEJORA GENETICA DE ARBOLES FORESTALES

PROGRAMA DEL CURSO
(Parte teórica)

Hora	LUNES 14/1/80	MARTES 15/1/80	MIERCOLES 16/1/80	JUEVES 17/1/80	VIERNES 18/1/80
8.30 10.15	9.30 Apertura oficial del Curso	Conservación y uso racional de los recursos genéticos forestales (C. Palmberg)	Diseños experimentales (B. Ditlevsen)	Ensayos de especies y procedencias (W.H.G. Barrett)	Visita al Bosque Experimental 'La Carbonera' (H. Finol U.) Vísita al pueblo típico, Jaji
10.30 12.00	Mejoramiento de árboles forestales en relación con la política forestal nacional (W.H.G. Barrett) y	Recolección y manipulación de semillas forestales (B. Ditlevsen)	Interpretación estadística de los resultados de ensayos (B.Ditlevsen)	Selección y manejo de rodales semilleros (M. Quijada)	
13.30 15.15	Los elementos y principios de la genética (W.H.G. Barrett)	Almacenamiento, pruebas y certificación de semillas forestales (B. Ditlevsen)	Visita al Centro de Computación y CDCH. Visita a LABONAC	Selección de árboles forestales (M. Quijada)	
15.30 17.00	Visita al Instituto de Silvicultura, Biblioteca de la Fac. Ciencias Forestales e Instituto For-Latinoamericano de Investigación y Capacitación	Visita al Laboratorio de Semillas Forestales. Demostraciones de tratamiento, almacenamiento y pruebas de semillas		Informes de países (Argentina, Bolivia, Cuba, Guatemala)	
20.00 21.30		Las zonas de vida de Venezuela (L. Rodriguez Poveda)			
Hora	**LUNES 21/1/80**	**MARTES 22/1/80**	**MIERCOLES 23/1/80**	**JUEVES 24/1/80**	**VIERNES 25/1/80**
8.30 10.15	Genética cuantitativa: principios generales y su aplicación práctica en la mejora de árboles forestales (B. Ditlevsen)	Sistemas y diseños de cruzamiento controlado (B. Ditlevsen)	Ensayos de progenie: principios y aplicación de los resultados en programas prácticos de mejoramiento (M. Quijada)	Consideraciones económicas de programas de mejoramiento de árboles forestales (B. Ditlevsen)	Ejemplos específicos: Ejemplo I - Programa de mejora genética en una región sub-tropical (W.H.G. Barrett)
10.30 12.00	Métodos de propagación vegetativa (M.Quijada)	Diseños y establecimiento de huertos semilleros (W.H.G. Barrett)	Interacción genotipo x ambiente (M.Quijada)	Planificación y estrategias para programas de mejoramiento genético de árboles forestales (C. Palmberg)	Ejemplos específicos: Ejemplo II - Programas de mejora genética; latifoliadas tropicales (M. Quijada)
13.30 15.15	Trabajo de Grupo	Manejo de huertos semilleros (W.H.G. Barrett)	Trabajo de Grupo	Problemas patológicas en los trópicos (O. Holmqvist)	Clausura de la primera parte del Curso
15.30 17.00	Informes de países (Costa Rica, Rep. Dominicana, Panama, Paraguay, Uruguay)	Informes de países (Colombia, Nicaragua, Peru)	Informes de países (Chile, Venezuela)	Informes de países (Brazil, Ecuador, Honduras)	

y Por razones prácticas, el nombre del discursante no corresponde siempre con el autor de la ponencia

Apéndice III.

PROGRAMA DEL CURSO

(Viaje de Estudio)

27 de enero	Viaje por autobús a Barrancas, estación experimental "El Irel". Demostración de polinización dirigida en Bombacopsis quinata.
28 de enero	Bosque experimental de Caemital; Ensayos en la estación "El Irel".
29 de enero	Viaje a Puerto Ordaz, estación forestal "El Merei".
30 de enero	Visita a plantaciones, vivero y ensayos de la CVG en Uverito.
31 de enero	Visita a plantaciones, vivero y ensayos de la CONARE en Chaguaramas
1 de febrero	Viaje a Puerto Ordaz, visita al Parque "La Llovizna" y a la planta de SIDOR (Siderúrgica del Orinoco).
2 de febrero	Fin del Curso.

****

'Peligros' durante el Viaje de Estudio

Apéndice IV.

CONFERENCIAS

(Contenido)

Página

Mejoramiento de árboles forestales en relación con la política forestal nacional y el manejo de árboles forestales (R.L. Willan) 11

Elementos y principios de la genética (W.H.G. Barrett) 18

Principios y estratégia para el mejor aprovechamiento de los recursos genéticos forestales (C. Palmberg) 27

El muestreo en la recolección de semillas forestales (C. Palmberg) 51

La recolección y manipulación de semillas forestales (C. Palmberg & G.H. Melchior) 57

Almacenaje, ensayos y certificación de semillas forestales (B. Ditlevsen) 75

Diseños experimentales (B. Ditlevsen) 100

Interpretación estadística de los resultados de ensayos (B. Ditlevsen) 118

Ensayos de especies y procedencias (R.L. Willan) 141

Rodales semilleros (M. Quijada) 154

Selección y manejo de rodales semilleros con especial referencia a coníferas (W.H.G. Barrett) 158

Selección y manejo de rodales semilleros: latifoliadas (C. Palmberg) 166

Selección de árboles forestales (M. Quijada) 169

Genética cuantitativa: principios generales y su aplicación práctica en la mejora de árboles forestales (B. Ditlevsen) 177

Métodos de propagación vegetativa (M. Quijada) 189

Sistemas y diseños de cruzamiento controlado (B. Ditlevsen) 197

Huertos semilleros (W.H.G. Barrett) 213

Ensayos de progenie (M. Quijada) 224

Interacción genotipo – ambiente (M. Quijada) 231

Mejora de árboles para resistencia a las enfermedades (C. Palmberg) 236

Consideraciones económicas de programas de mejora de árboles forestales (B. Ditlevsen) 248

Planificación y estratégias de un programa de mejora genética forestal (C. Palmberg, D.K. Paul & R.L. Willan) 264

Algunos aspectos de la problemática del mejoramiento genético con latifoliadas nativas en Venezuela (M. Quijada) 285

MEJORAMIENTO DE ARBOLES FORESTALES EN RELACION CON LA POLITICA FORESTAL NACIONAL Y EL MANEJO DE ARBOLES FORESTALES

R.L. Willan
Dirección de Recursos Forestales
Departamento de Montes
FAO

CONTENIDO

Introducción

Requisitos previos de un programa de mejoramiento de los árboles

El programa de plantación
El programa de mejoramiento

Definición de los objetivos

Obstáculos

Mejoramiento de los árboles en relación con el manejo

Resumen

Bibliografía

INTRODUCCION

La justificación de un programa nacional de mejoramiento de árboles forestales y la cantidad total de recursos que se le dediquen deben venir determinados en gran parte por la política forestal del país (Keiding, 1974). La política forestal, a su vez, debe guardar relación con los planes nacionales de desarrollo.

A este respecto, las preguntas básicas son las siguientes: (1) ¿Qué importancia tiene el sector forestal para la economía del país? (2) ¿Qué importancia tienen las plantaciones forestales para el sector forestal en general? En un extremo se encuentra el caso de un país pequeño y muy poblado donde no hay sitio para una silvicultura extensiva, y por consiguiente hacen falta o no pueden realizarse actividades de mejoramiento de los árboles.

Ejemplos de ello son Singapur y Malta. En el otro extremo se encuentran los países con baja densidad de población y grandes superficies de bosques naturales, que pueden regenerarse naturalmente y cubrir las necesidades del país en un futuro previsible. Gabón y, hasta hace poco, Kalimantán en Indonesia, eran ejemplos de ello. En tales países está justificada la aplicación de una técnica silvícola simple destinada a retener una proporción de los mejores árboles como árboles semilleros y, sin duda alguna, a establecer y proteger reservas naturales integradas dentro del bosque, pero no para un programa a largo plazo de mejoramiento de árboles. En las regiones donde la función protectora crucial del bosque en una topografía accidentada impide la explotación comercial y por consiguiente la repoblación forestal, tampoco habrán posibilidades de desarrollar programas de mejoramiento.

Para hacer frente a sus necesidades futuras, pocos países pueden permitirse confiar enteramente en los bosques naturales. En la mayoría de ellos la exigencia de rendimiento del terreno se hace cada vez mayor y si las materias primas requeridas pueden producirse en un área menor o en un plazo más corto por medio de la utilización de métodos de plantación de alto rendimiento, los ingenieros de montes tienen la responsabilidad de emplear estos métodos. Las plantaciones concentradas conducen a beneficios indirectos de tipo social y económico por medio del desarrollo de las industrias forestales y de mayores oportunidades de empleo. Por consiguiente, en todas partes se están estableciendo plantaciones, a escala creciente. En la práctica, el papel que juegan tanto el bosque natural como el bosque artificial son complementarios. Los montes naturales cumplirían funciones esenciales de protección, y también culturales; a la vez abastecerían ciertas categorías especiales de madera, tales como la madera de alta calidad para ebanistería y enchapado; mientras que las plantaciones servirían para satisfacer una proporción creciente de las necesidades de madera para construcción, pies maderables, tableros de madera, y pasta (Hughes y Willan, 1976).

En términos generales, el requisito indispensable para un programa de mejoramiento de los árboles es la plantación forestal. En cuanto se recoge la semilla y se cultivan artificialmente las plantas, hay posibilidades de seleccionar y mejorar. Así, convendría iniciar esta presentación con la consideración del mejoramiento de los árboles en relación con los programas de forestación y reforestación (Keiding, 1974). También en los informes por países que se ha pedido a los participantes que completen, se relaciona la información sobre los programas nacionales de mejoramiento de árboles forestales con el medio ambiente nacional, con la política forestal nacional y con los programas nacionales de forestación y reforestación.

REQUISITOS PREVIOS PARA UN PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE LOS ARBOLES

Aunque a primera vista parezca que un programa de plantación forestal y mejoramiento de árboles en un país está justificado, los fondos y los esfuerzos necesarios exigen ciertos requisitos previos:

El programa de plantación

1. Disponibilidad y control de la tierra. Las cuantiosas inversiones requeridas para la plantación forestal sólo pueden justificarse si hay una garantía de que la silvicultura seguirá siendo el objeto de la ordenación de la tierra durante por lo menos una rotación. Incluso con las especies de rápido crecimiento, ello es probable que abarque una o más décadas. La autoridad encargada de la ordenación debe gozar de pleno control sobre la tierra, durante todo el período. Si las plantaciones se encuentran en reservas de bosques de propiedad del gobierno y son incluidas en un plan nacional de aprovechamiento de la tierra que asegure durante algunos años la continuidad de la gestión, ello puede ofrecer un régimen de tenencia en condiciones muy seguras. La tierra fragmentada entre numerosos propietarios particulares de pequeño tamaño no suele ser adecuada para la plantación forestal en gran escala. Por otra parte, el mejoramiento de árboles puede incluirse en el suministro de árboles para la plantación difusa en la agrosilvicultura, a condición de que el agricultor esté convencido del valor del producto y la necesidad de proteger y manejar los árboles.

2. Escala de las operaciones. Por importantes que sean los beneficios que puedan derivarse de la mejora de árboles, los costos mínimos básicos de una pequeña dependencia de investigación han de contrapesarse con un área adecuada de plantaciones para que sean rentables. Por ejemplo, una dependencia que cueste 100 000 dólares al año y produzca semillas mejoradas capaces de proporcionar un aumento del valor descontado del producto de 100 dólares por hectárea al año, se amortizaría sobradamente en un programa de 10 000 ha al año, pero no estaría justificada en un programa de 100 ha al año.

3. Disponibilidad de mercados. Es preciso que existan mercados razonablemente garantizados para el producto de la plantación, en el país o en el extranjero. No sólo deben existir los mercados, sino que además deben encontrarse a una distancia económica. Las plantaciones, incluso las que se encuentren en estaciones de elevado rendimiento, pueden resultar antieconómicas si los costos de transporte son excesivos.

El programa de mejoramiento

1. Debe existir una garantía razonable, por ejemplo en forma de una declaración escrita de la autoridad financiadora, de que se proporcionarán personal y fondos para el programa de mejoramiento de los árboles, con carácter continuado. Como dice Zobel (1969): "¿Tienes los fondos, servicios y mano de obra que necesitas para hacer un trabajo decente?; si no, no empieces. Un programa aplicado deficientemente y de mala gana no hará más que indisponer a la gente con respecto a la silvicultura y sus posibilidades". Si el país

no dispone de un experto en la mejora de árboles, deberá preverse desde un principio la capacitación de personal de este tipo.

2. Evaluación de la información procedente de otras fuentes. Los resultados de la investigación en otros países con ambientes similares puede reducir, si no eliminar, la necesidad de aplicar un programa nacional de mejoramiento de los árboles, partiendo de cero. Para los pequeños países con modestos programas de plantación, una dependencia regional de investigación puede proporcionar los mismos resultados que varios programas nacionales, a un costo menor. Un ejemplo de programa regional de mejoramiento de los árboles forestales es el aplicado en el Africa oriental durante los años sesenta y setenta, y el que está llevando a cabo CATIE 1/ en Centroamérica.

Incluso cuando el programa de plantación de un país es de grandes proporciones y se lleva a cabo en una serie de estaciones de características únicas, el intercambio internacional de información y de material genético puede contribuir considerablemente a evitar la duplicación de esfuerzos, y a concentrar la investigación en resolver los problemas más importantes o a aprovechar las soluciones y vías más prometedoras.

DEFINICION DE LOS OBJETIVOS

Habiendo establecido que existe la base para un programa nacional de forestación, las autoridades deberán definir sus objetivos con la mayor claridad posible. A menudo hay buenas razones para especificar más de un objetivo. Debido al mucho tiempo que requieren los productos forestales y la comparativa velocidad con la cual las preferencias tecnológicas y los mercados pueden cambiar, muchas veces hay razón suficiente para mantener la máxima flexibilidad en los objetivos. La flexibilidad es especialmente importante con turnos o rotaciones mayores de 15 años (Hughes y Willan, 1976). Sin embargo, hay límites a la flexibilidad de los programas y las especies, que deben tenerse en cuenta desde un principio. Un eucalipto de alta densidad será probablemente superior a un eucalipto de baja densidad para el suministro de leña, pero inferior para el suministro de pasta de madera de fibra corta. En el sur de los Estados Unidos, se plantan huertos de semillas diversos para los pinos de alta y baja densidad de madera. Así, en ocasiones puede obtenerse un mejor aprovechamiento con cultivos distintos, utilizando diferentes criterios de selección, en vez de recurrir a un cultivo de múltiples finalidades que no sirve a ningún fin concreto adecuadamente. Si se especifica más de un objetivo y si los recursos no son suficientes para alcanzar todos los objetivos, cosa que es casi inevitable, es importante asignar las prioridades correspondientes.

La definición de objetivos de un programa de mejoramiento también

1/ CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

debe incluir una exposición clara de las prioridades, basada en las necesidades inmediata y a corto y largo plazo del programa pertinente de forestación. Las dificultades en el logro de los objetivos deben tenerse en cuenta en el momento de la definición, y deben indicarse los límites de los recursos (personal, equipo y presupuesto) dentro de los que el proyecto tendrá que operar (Hughes y Willan, 1976).

OBSTACULOS

El logro de los objetivos de mejoramiento de los árboles está necesariamente limitado por los obstáculos biológicos, humanos y financieros. En algunos casos estos obstáculos son tan restrictivos que los objetivos son imposibles, y el forestal debe convencer al político a que establezca objetivos más realistas. Ejemplos de condiciones restrictivas que pueden imponer un cambio en los objetivos son las siguientes:

1. Intentos de cultivar plantaciones de alto rendimiento en climas semiáridos. Las especies o procedencias pueden ser de rápido crecimiento o resistentes a la sequía, pero raramente ambas cosas. La mejora de árboles será probablemente reducida y lenta. Una mejora más impresionante podría obtenerse cambiando el plan de forestación a una zona más húmeda, o introduciendo un sistema de riego.

2. Intentos de iniciar un programa de mejoramiento de árboles en una especie introducida, utilizando pequeñas plantaciones de base genética limitada o desconocida. En esos casos, nuevas introducciones y ensayos de procedencias son más urgentes que la selección individual en las plantaciones existentes.

3. Intentos de utilizar en gran escala una especie exótica de la cual los suministros de semillas externos son insuficientes, y que no produce semillas en el nuevo entorno.

4. Intentos de mejorar rasgos que tienen una heredabilidad muy baja.

5. El largo período requerido antes que la plantita recién nacida alcance la edad en la cual es capaz de florecer y producir semillas, supone a menudo un gran obstáculo en la planificación de los programas de mejoramiento genético de árboles forestales. Si hace falta semilla mejorada en cinco años y la especie lleva diez años en producir semilla en un huerto semillero, el establecimiento del huerto no permitirá alcanzar el objetivo. Siendo así, deben considerarse otros procedimientos, tales como raleos abundantes de mejora en los rodales existentes, o un cambio de estrategia mediante el desarrollo de métodos de propagación vegetativa.

EL MEJORAMIENTO EN RELACION CON EL MANEJO DE LOS ARBOLES

El mejoramiento de los árboles no es más que uno de los instrumentos disponibles para el manejo forestal, y no puede considerarse aisladamente. Por consiguiente, la investigación sobre el mejoramiento de los árboles debería integrarse estrechamente con otras esferas de investigación, por ejemplo sobre evaluación de suelos y estaciones, técnicas de establecimiento de plantaciones, o espaciamiento y aclareo, así como sobre la calidad de la madera. Así, pues, las políticas forestales nacionales deben incluir las cláusulas necesarias para la integración de todos los sectores de la investigación forestal y para la rápida multiplicación e introducción en la práctica forestal del material mejorado resultante.

El mejoramiento de los árboles forestales puede dar lugar a una modificación del manejo forestal. Por ejemplo, árboles más uniformes, mejores y más resistentes a las enfermedades permiten un espaciamiento inicial más amplio que reduce los costos, alcanzándose al propio tiempo el volumen final de población deseado (Zobel, 1969). Los técnicos en genética pueden producir genotipos que respondan bien a la preparación y fertilización intensiva de la estación, y otros que toleren suelos de mala calidad y la ausencia de fertilizantes. Es muy probable que en un mismo país haya varios tipos distintos de estaciones para la plantación, y por consiguiente el técnico en genética tiene que desarrollar una serie de genotipos adaptados a los diversos lugares. Los progresos tecnológicos pueden alterar las prioridades del mejoramiento, por ejemplo, la invención de un nuevo instrumento para la poda puede dar lugar a una importante reducción de los costos de la poda, reduciendo así la necesidad de especies de ramas finas y de una autopoda temprana, o un nuevo proceso revolucionario de fabricación de pasta puede reducir la importancia de la calidad alta y la uniformidad de la madera.

RESUMEN

1. Los programas de mejora de los árboles deben estar estrechamente relacionados con los objetivos y prioridades de los programas nacionales de forestación, y por consiguiente con la política nacional forestal y de desarrollo del país.

2. Existen varios requisitos previos, como la disponibilidad de la tierra y un programa sustancial de repoblación forestal, que justifican la iniciación de un programa de mejoramiento de los árboles.

3. Si se proyecta un programa de mejoramiento, y se quiere que tenga buenas posibilidades de éxito, debe tener objetivos y prioridades claramente definidos, y una cierta garantía de un suministro continuo de recursos suficientes para alcanzarlo. En la medida de lo posible, los objetivos deberían ser inequívocos y cuantitativos.

4. El forestal debe examinar detenidamente los objetivos a la luz de los obstáculos biológicos, humanos o financieros y, de ser necesario, debe convencer al político a que cambie los objetivos de mejoramiento. Sólo una vez se hayan fijado objetivos realistas y éstos hallan sido aceptado, podrá el forestal empezar a planificar sus estrategias y sus programas, como se describe en otro trabajo.

5. El mejoramiento de los árboles forestales ejerce una interacción con otros aspectos de la investigación y el manejo, por ejemplo, la evaluación y preparación de las estaciones, el espaciamiento y el aclareo. Así, la investigación para la mejora de los árboles debe estar estrechamente integrada con otros sectores del programa nacional de investigación forestal.

6. Los programas de mejoramiento de árboles forestales deben ser flexibles, y debe preverse su revisión regular. Las prioridades económicas nacionales cambian, y pueden requerir modificaciones en los objetivos de mejoramiento de los árboles. Asimismo, los éxitos y los fracasos de las investigaciones sobre el mejoramiento de los árboles pueden indicar cambios posibles o necesarios en la política de manejo y repoblación forestales (cambio de especies, capacidad de repoblar nuevas estaciones hasta ahora consideradas antieconómicas, etc.). Debe, pues, existir una complementariedad entre la política y la investigación.

BIBLIOGRAFIA

Hughes, J.F. & Willan, R.L. (1976) Política, planificación y objetivos. En: Manual sobre Investigaciones de Especies y Procedencias con Referencia Especial a los Trópicos. Tropical For. Paper No.10 & 10A. Oxford, UK.

Keiding, H. (1974) Tree improvement in relation to national forest policy. In report of FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement, Kenya. FAO Roma.

Zobel, B. (1969) A tree improvement program for a developing country and the effects of tree improvement on forest management. In FAO - North Carolina State Forest Tree Improvement Training Centre Lecture Notes, Raleigh USA.

ELEMENTOS Y PRINCIPIOS DE LA GENETICA 1/

W.H. Barrett
Fiplasto S.A. Buenos Aires, Argentina

CONTENIDO

Definiciones
Estructura cromósomica
Estructura génica
Mutaciones
Herencia no genética
Genotipo y fenotipo
Division celular y nuevas combinaciones genéticas
Fecundación y desarrollo de las semillas
Endogamia
Vigor híbrido
Bibliografía

DEFINICIONES

Genética es la ciencia que se ocupa de las causas determinantes de las similitudes y las diferencias entre los individuos, o dicho en otras palabras, del estudio de la variación y herencia de los seres vivos y por lo tanto del proceso evolutivo de los mismos. Se distinguen la genética clásica o mendeliana (o de transmición) y la de poblaciones (de los efectos específicos de los genes sobre los seres vivos). El mejoramiento genético, es la aplicación de la ciencia en beneficio humano.

Se describirán algunos conceptos básicos de la genética que son aplicables tanto a los animales como a los vegetables, intentando dar ejemplos en especies arbóreas

ESTRUCTURA CROMOSOMICA

Todas las células vivas, están constituídas por membrana, citoplasma y núcleo. Dentro del núcleo se encuentran los cromosomas que son los portadores de la información genética y los encargados de transmitir esta información a las otras células. Su número es constante para cada especie. Así por ejemplo, las especies de sauces y alamos tienen n= 19 cromosomas, los pinos n= 12, los eucaliptos n= 11, etc. El tamaño varía de acuerdo con las especies siendo por lo general pequeños en los angiospermas, de unos pocos micrones de largo y mayores en las gimnospermas.

El cromosoma es una larga estructura filiforme consistente en ácido deoxiribonucleico (ADN) y una vaina proteica. El ADN, el material activo genético, es una larga molécula compuesta de dos cordones dispuestos en forma helicoidal.

1/ Esta ponencia está basada en:
- FAO (1964). Mejoramiento genético de los árboles forestales, por J.W. Wright. Estudios de silvicultura y productos forestales No. 16. FAO, Roma;
- Wright, J.W. (1976). Introduction to forest genetics. Academic Press.

cada hélice está constituída por cuatro bases orgánicas (citosina, guanina, adenina y timina) fijadas cada una de ellas a un azúcar y ligadas a un fosfato. Este conjunto origina una molécula de un nucleótido. Las dos hélices se ligan con menor firmeza por átomos de H formando moléculas de ácido nucleico.

La habilidad del DNA de duplicarse hace posible a los cromosonas de transmitir la información genética de una generación a la siguiente. Esto es consecuencia de la naturaleza doble helicoidal de la molécula y de la propiedad de las cuatro bases proteicas. La adenina y la timina (purinas con 2 anillos) están ligadas por dos hidrógenos y en cambio la guanina y la citosina (pirimidinas con 1 anillo) por tres hidrógenos. Por lo tanto siempre se ligará una guanina con una citosina y una timina con una adenina. En el momento de la división cromosómica los hilos se separan, y se duplican, y se aparean de modo que cada base protéica se liga a una base complementaria (adenina con timina y guanina con citosina). Para dar una idea de dimensión, la distancia entre 10 nucleótidos de una hélice es de 34 Å. Las bases dentro del espiral están ordenadas linealmente en grupos de 3 y como son cuatro bases, existen 64 combinaciones. En otras palabras, semejan a un alfabeto de 4 letras con 64 palabras de tres letras, las que se organizan en párrafos y estos en secuencias especiales que dirigen los procesos de crecimiento. Se conocen ya las secuencias en organismos unicelulares que son responsables de la formación de algunos aminoácidos y para la actividad de ciertas enzimas que gobiernan la síntesis de proteínas. El peso molecular de la molécula de ADN es muy alto. Se ha estimado para una célula de pino unos 50.000.000.000 de pares de nucleótidos. Si consideramos que cada nucleótido es una letra del alfabeto se podrían escribir unas 2.500.000 páginas de imprenta.

El control de los procesos de crecimiento de una célula se hace efectivo por una sustancia similar al ADN denominada ácido ribonucleico (ARN) que se diferencia estructuralmente del anterior por estar formado por un solo cordón, los azúcares tienen un oxígeno más (ribosa) y el uracilo reemplaza a la timina. El RNA cumple la función de actuar de mensajero entre el ADN y las otras partes de la célula, regula y participa en la síntesis de los aminoácidos y de éstos a proteínas.

ESTRUCTURA GENICA

Desde un punto de vista estructural un gen está definido como una secuencia de tripletes a lo largo de una molécula de DNA. Sin embargo hasta el momento no ha sido posible aislar y estudiar la estructura de un gen. También se puede definir el gen como la parte del cromosoa responsable del desarrollo de un carácter determinado. Por lo tanto, se habla de genes para rápido crecimiento, resistencia al frío, largo de hoja etc. Se considera al gen como la última unidad hereditaria aunque sabemos que es de gran tamaño molecular. El número de genes de una célula es desconocido aunque existen estimaciones para algunas plantas, como por ejemplo en Pinus banksiana es de 13.000.000 de genes. En algunos cultivos agrícolas se ha encontrado que individuos de una misma especie pueden diferir en 500 genes. En un programa de mejoramiento, se trabaja con un par de docenas de genes. Los genes pueden tener grandes o pequeños efectos. Por ejemplo el ritmo de crecimiento está por lo general bajo la acción de multiples genes con pequeños efectos individuales. En cambio color de ojos en el hombre está bajo el control de un par de genes con relativamente grandes efectos. Existen genes que

actúan independientemente, otros en cambio actúan cuando otros están presentes.

Los genes están ordenados en forma lineal en los cromosomas. Por ello los genes de un mismo cromosoma pertenecen al mismo grupo de ligamiento. Sin embargo este ligamiento no es perfecto ya que en la meiosis cuando los cromosomas homólogos se aparean se intercambian partes entre sí. Cuando esto ocurre se dice que hubo entrecruzamiento cromosónico "cross-over" que da lugar a recombinaciones genéticas. Por lo general ocurre una o mas recombinaciones por cromosoma. Lógicamente la probabilidad que dos genes ligados se separen está proporcionada por la distancia que los separa en el cromosoma. Este hecho se utiliza para efectuar mapas cromosómicos donde la distancia entre genes está definida en términos de frecuencia de nuevas combinaciones; una unidad de entrecruzamiento equivale a 1% de recombinaciones. A pesar de que el ligamiento de genes no ha sido medido en árboles, es importante su conocimiento para su mejoramiento genético. Por ejemplo, en pinos existen 12 pares de cromosomas y por lo tanto 12 grupos de ligamiento. Puede ocurrir que cuando buscando seleccionar un carácter, puede haber cambio de frecuencia en otros estrechamente ligados.

Se denominan alelomorfos a los genes que ocupan el mismo locus en el par de cromosomas, expresándolos con una misma letra. Los genes alelomorfos dominantes expresan el caracter aún en estado de heterozigota cuando los recesivos solo se manifiestan al estado de homozigota. Este tipo de dominancia es completa. Es parcial o incompleta cuando el carácter se manifiesta de manera intermedia. Tal es el caso de flor roja (AA) flor blanca y flor rosada (Aa). Cuando la dominancia ocurre entre genes no alelomorfos se la denomina epistasis.

Se denominan genes aditivos cuando se manifiestan de manera acumulativa. Son genes de pequeño efecto que controlan un mismo carácter.

MUTACIONES

Un error en el proceso de duplicación de los cromosomas produce cambios que se denominan mutaciones. Esto por lo general ocurre a nivel de los genes, puede ocurrir un cambio grande en los cromosomas ya sea en el número, en su estructura, inversión, agregado o reducción en el tamaño o duplicación etc. Esto produce grandes efectos generalmente anormalidades que por lo general son perjudiciales.

La frecuencia de la aparición de las mutaciones génicas es estimada entre 1 en 10.000 o 1 en 100.000.000. La mayoría de estas mutaciones son perjudiciales y recesivas. A pesar de ello, es un proceso beneficioso, ya que es la principal fuente de variación que tienen los seres vivos. Estos cambios, al permanecer como recesivos, son incapaces de expresarse por si mismos, en una determinada condición pueden tornarse beneficiosos al cambiar el medio. Las mutaciones génicas pueden incrementarse artificialmente mediante la aplicación de radiaciones de rayos X, de sustancias químicas, etc. Estas sustancias químicas pueden actuar directamente sobre el ADN produciendo cambios químicos que al duplicarse produce progenies mutantes. Este es el caso del ácido nitroso o el etil etanosulfonato. En cambio otras sustancias como el 5-bromo uracil actuan solamente durante la sintesis del DNA. Por analogía de bases, semeja y reemplaza a la timina en la duplicación. Durante la duplicación esta base puede acoplarse ocasionalmente con la guanina en lugar de la adenina produciendo un triplete diferente.

HERENCIA NO GENETICA

Herencia citoplasmica o materna no ha sido observada en árboles, aunque sí en plantas herbáceas. En maíz se encontró que una planta no producía inflorescencia masculina y por lo tanto era estéril, debido a un factor citoplásmico. Este carácter resultó muy útil para la producción de maíz híbrido. Mas tarde se comprobó que este clon era muy afectado por enfermedades y se lo tuvo que desechar.

Existen antecedentes de herencia paterna en forestales en Cryptomeria japonica.

GENOTIPO Y FENOTIPO

Genotipo responde a la constitución genética del individuo o grupos de individuos con similar constitución génica en relación a determinados genes.

Fenotipo es la apariencia externa parcialmente controlada por el genotipo. Pero existen genes recesivos que no pueden expresarse por la presencia de dominantes a pesar de existir en el genotipo. Asi también hay genes de pequeños efectos o genes modificadores que no aparecen en el fenotipo. El ambiente tambien controla parcialmente el fenotipo. Un genotipo puede contener numerosos genes para rápido crecimiento y no manifestarlo por encontrarse en un suelo pobre o en un clima desfavorable. O puede tener genes para susceptibilidad a una enfermedad y aparentar resistencia por no existir en ese sitio esa enfermedad. Sin embargo, a través de un cuidadoso estudio del fenotipo, se pueden deducir algunas características del genotipo. Desde luego, mucho mayor información se obtendrá al estudiar la descendencia y la relación de las carácterísticas de los progenitores y su descendencia.

DIVISION CELULAR Y NUEVAS COMBINACIONES GENETICAS

La division celular que ocurre en el cambium, punta de raíces, hojas y en otros meristimas de crecimiento, se llama mitosis. La constitución regular de las células (2n=diploide) se mantienen duplicándose cada cromosoma constituyendo dos conjuntos gemelos. Aquí no se produce diferenciación entre los cromosomas excepto por las mutaciones que pudiesen aparecer.

En cambio en la meiosis, hay una reducción del número cromosómico de 2n en células vegetativas (diploides) a 1n (haploide) en las gametas. Durante la meiosis, los dos conjuntos de cromosomas homólogos se reúnen en el centro de la célula madre y allí se aparean. Aquí es donde ocurren los entrecruzamientos (crossovers). Se intercambian segmentos de cada par de cromosomas produciendose nuevas combinaciones de genes. La meiosis se compone de dos etapas donde hay dos sucesivas divisiones nucleares que finalizan formando 4 gametas.

FECUNDACION Y DESARROLLO DE LA SEMILLA

Mediante la fecundación, la gameta masculina (n) se une con la gameta femenina (n) formando la célula huevo (2n) que por sucesivas divisiones forma el embrión, la semilla y luego el árbol. Durante este proceso, los cromosomas de la gameta masculina se introducen en el núcleo de la célula huevo. De este modo, la meiosis y la fecundación son los mecanismos por los cuales la variabilidad genética de los individuos les permite segregar y recombinar de modo de producir progenies que difieren geneticamente de los padres.

Las angiospermas se caracterizan por tener una doble fecundación donde uno

de los núcleos de la gameta masculina fecunda dos núcleos polares formando el endosperma. Como resultado, en la semillas de las angiospermas se encuentran diversos tejidos genéticamente diferentes

Tejidos	NºCromosomas	Origen
Tegumento	2n	materno
Embrión	2n	materno y paterno
Endosperma	3n	2/3 materno 1/3 paterno

En cambio en las gimnospermas el endosperma es haploide y de origen materno.

ENDOGAMIA

Endogamia o intracruzamiento es el cruzamiento de individuos emparentados con pérdida de heterozigotia. El caso extremo es la autofecundación donde un individuo se fecunda a si mismo. Desde este extremo, existen todas clases de gradaciones desde la retrocruza con uno de los padres, cruzamiento entre hermanos, primos etc, hasta entre miembros de una pequeña población aislada.

Poblaciones salvajes (bosques sin intervención humana) generalmente mantienen un gran bagaje genético con un gran número de recesivos. Como los individuos se cruzan entre sí y no todos poseen los mismos recesivos en las progenies estos recesivos no se manifiestan. En cambio si el individuo se autofecunda,para cada carácter heterozigota aparecen en la progenie un 25% de los individuos con el efecto de este recesivo. Aa x Aa = 25% AA + 50% Aa + 25% aa.Puede ocurrir que los efectos de estos recesivos perjudiciales sean pequeños y no se manifiestan visiblemente, pero si el individuo autofecundado posee 100 recesivos, su efecto acumulativo en la progenie puede ser importante. Experiencias realizadas en Pinus taeda en los Estados Unidos, demostraron que existe una pérdida de vigor entre las progenies de individuos autofecundos cuando comparadas con las progenies de los mismos individuos en polinización libre. Con otras especies forestales se ha demostrado que se puede llegar a tener un crecimiento en un 50% menor comparada con los testigos.

Sin embargo no siempre la autofecundación trae aparejada una pérdida de vigor. Tal es el caso de las plantas autógamas que tienen estructuras florales que promueven la autofecundación, como el tomate y el trigo. Estas plantas pueden haber poseído o adquirido por mutaciones, genes nocivos, que han sido eliminados por miles de generaciones de autofecundación. Por lo que se desprende que la pérdida de vigor no es debido a la autofecundación o al intracruzamiento en sí, sino a las acumulaciones de genes nocivos recesivos. Un árbol libre de estos recesivos podría ser autofecundado sin pérdida de vigor.

Las plantas alógamas pueden tener mecanismos que previenen contra la autopolinización, factor que redunda en una disminución de la cantidad de semilla. Uno de estos mecanismos es la existencia de genes para autoesterilidad como los alelomorfos multiples S_1 S_2 S_3 S_4etc. donde un polen S_1 S_2 no puede germinar en un estilo S_1 S_2 etc. En el trebol rojo se conocen 40 alelomorfos. Pero puede ocurrir que el polen fecunde al óvulo, pero los genes recesivos pueden actuar contra el embrión produciendo como consecuencia una semilla vana.

Existe abundante bibliografía sobre el efecto de la autofecundación en especies arbóreas. J.W. Wright cita ejemplos de pérdida de vigor y reducción en la fertilidad de semillas en especie de eucaliptus, pinos, olmos, alerces etc,

y otros de resultados variables que van de progenies vigorosas a débiles y de alta a baja fertilidad de semillas, ejemplos que pueden confirmar lo antedicho.

Como resultado de esta extrema endogamia (autofecundación) se producen individuos o líneas de poca o ninguna adaptación al medio que los rodea. Sin llegar a este extremo, cuando el cruzamiento ocurre entre pocos individuos se producen fijaciones genéticas al azar que producen individuos uniformes y de poca adaptación al ambiente.

Resumiendo, los efectos generales de la endogamia, fijación de caracteres, declinación de la fertilidad, tamaño y vigor, se deben a un aumento de la homozigotia.

Medición de la endogamia: En el caso especial de la autofecundación, la heterozigotia se pierde a un ritmo de 1/2 en cada generación; F es el coeficiente de endogamia utilizado para medir la pérdida de heterozigotia o incremento de homozigotia. Se utiliza el símbolo ΔF para expresar el cambio de cantidad de endocria por generación.

$$\Delta F = \frac{1}{2N}$$ Siendo N= número de individuos

N es en este caso el número total de individuos donde cada árbol es usado como padre y madre simultaneamente. Cuando son distintos la fórmula a utilizar es

$$\Delta F = \frac{N\,(♂) + N\,(♀)}{8\,(N♂ \times N♀)}$$

Para calcular la endogamia sobre un número de generaciones, es mas conveniente trabajar con el coeficiente de heterozigotia $H = 1 - F$.

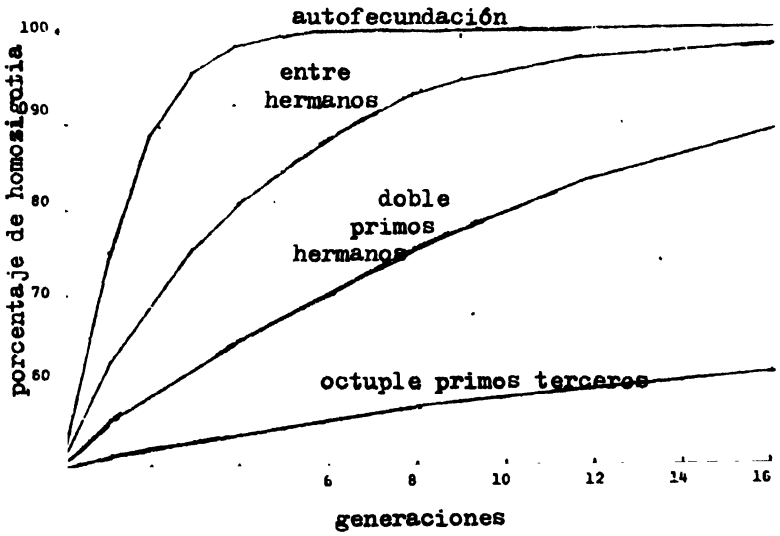


Figura 1.- Porcentaje de homozigotia en sucesivas generaciones bajo varios sistemas de endogamia (de S. Wright, 1921. System of Mating, Genetics 6: 167.)

Para calcular Hn siendo n el número de generaciones $Hn = (H)^n$; y H la heterozigotia por generación. Ejemplo numérico para N = 5 y $\Delta F = \frac{1}{10}$:

$$H(\text{por generación}) = \frac{9}{10}; \quad H_2 = \left(\frac{9}{10}\right)^2 = 0.810; \quad H_3 = \left(\frac{9}{10}\right)^3 = 0.729$$

En tres generaciones el 72.9% de la heterozigotia original permanece en la población y la proporción de endogamia es

$$F_3 = 1 - H_3 = 1 - 0.729 = 0.271$$

Coeficientes de endogamia para poblaciones mantenidas a dimensiones N de 5 a 250 por 10 y 100 generaciones.

Población	Coeficiente F	
N	n = 10	n = 100
5	0,651	0,999
10	0,401	0,994
25	0,182	0,86
50	0,095	0,63
100	0,0489	0,39
250	0,0198	0,18

(extraído de J.W. Wright, 1976).

En mejoramiento de árboles se utiliza el supuesto que la pérdida de vigor debido a endogamia es proporcional a la pérdida de heterozigotia tal como es estimado por el coeficiente F. En plantas anuales en cambio es fácil tomar 5 individuos y reproducirlos por sucesivas generaciones y medir los resultados.

Existen mecanismos en las plantas que favorecen o previenen la autogamia. Las plantas anuales generalmente poseen flores perfectas hermafroditas y han desarrollado mecanismos que favorecen la autofecundación. En árboles por lo general no occurre así, excepto (según J.W. Wright, 1976) en árboles tropicales que constituyen bosques mixtos caracterizados por centenares de especies por hectárea, donde la posibilidad de fecundación cruzada es remota por lo que es probable que exista una alta probabilidad de autofecundación o por lo menos elevado porcentaje de endogamia y por lo tanto deben existir mecanismos para que ésta no sea perjudicial a la especie. Lamentablemente no existe información esperimental que nos informe al respecto.

En cambio climas templados o fríos donde las especies arbóreas constituyen bosques puros, o compuestos por unas pocas especies, existen mecanismos que previenen la endogamia. En estos casos es necesaria una mayor variabilidad por existir grandes fluctuaciones en los regímenes de lluvia, de temperatura, exposición a fuego, glaciaciones, etc. Uno de esos mecanismos es el caracter dioico de las plantas en la que los sexos estan separados en distintos individuos. Ocurren en alamos, sauces, en enebros, Araucaria araucana, A. angustifolia, etc. También cumple esta función el carácter monoico donde los sexos estan separados en las mismas plantas como ocurre en los robles, Aesculus, y las mayorías de las coníferas. En este último grupo las flores masculinas se ubican en las bases de las plantas y las femeninas en la porción superior. Como la polinización es anemófila, ésta ubicación previene en alto grado la autofecundación ya que el polen debería subir a estrato superiores.

Existen mecanismos como la dicogamia ya sea en flores hermafroditas o en diclinas donde la flor masculina está receptiva en distinta época que la femenina. Tal es el caso del avellano con flores diclinas (protandria) y del tulipanero (Liriodendron) con flores hermafroditas (protogínea).

Existe un método simple desarrollado por genetistas forestales para determinar el porcentaje de autofecundación en poblaciones naturales de distintas especies forestales. Consiste en contar el número de plantulas anormales en los almácigos procedentes de individuos en polenización libre y multiplicarlo por un factor 5. En diversas especies de pinos se encontró que existe entre un 2 y un 7% de autofecundación.

La autofecundación es usada en plantas herbáceas como método de mejoramiento, seguida luego por cruzamiento, pero carece de posibilidad práctica en aplicarla en árboles.

Se denomina deriva genética a la fijación de genes al azar en poblaciones de tamaño reducido. Si el intracruzamiento ocurre durante un largo período geológico, resulta en una población homogénea que ha desarrolado caracteres de bajo valor adaptativo. El aislamiento de reducidas poblaciones de pinos en las montañas de Mexico ha producido una gran diversidad de formas que probablemente se deban a fijaciones genéticas al azar. Si bien este hecho es frecuente en las montañas también ha sido observado en islas actuales o regiones que estuvieran bajo agua en distintas epocas geológicas. Tal es el caso de Pinus elliottii var. densa que presenta variaciones morfológicas y adaptativas muy diferenciadas, independientes de su distancia, gradientes clinales ausentes, donde se pueden observar como ejemplo una población de fascículos de dos hojas relativamente cortas ubicada en uno de los cayos y en el cayo vecino fascículos de tres hojas largas.

Ejemplos similares observa J.W. Wright (1976) en especies de Picea, destacando que muchas de estas poblaciones carecen de adaptación al medio en que viven estando a punto de extinguirse.

VIGOR HIBRIDO

Vigor híbrido o heterosis es el rendimiento excepcional de un híbrido cuando comparado con los progenitores. Para explicar este fenómeno se han propuesto 4 explicaciones conocida como: dominancia, superdominancia, aditividad e hipótesis del habitat híbrido.

De acuerdo con la hipótesis de la dominancia, el vigor hibrido se debe a la ausencia de la depresión causada por la endogamia. La homozigotia producida por el intracruzamiento hace aparecer genes recesivos que son perjudiciales a la planta produciendo una depresión que de otra manera está enmascarada por el dominante en los heterozigota.

La hipótesis de superdominancia sostiene que la combinación génica heterozigota produce efectos imposibles de lograr en condiciones de homozigotica.

La hipótesis de aditividad se base en que el caracter esta compuesto por varios genes que en el estado híbrido se acumula obteniendo un mayor efecto.

En la hipótesis del "habitat híbrido" el vigor se obtiene en un ambiente intermedio, donde los progenitores se manifiestan con valores adaptativas menores al híbrido.

Si la primera hipótesis, de dominancia, fuese cierta, sería posible seleccionar en contra de los recesivos en las generaciones subsiguientes logrando así fijar el vigor híbrido. Si se debe a superdominancia el vigor será máximo en la primer generación y decrece en las siguiente. Si se debiese a efectos aditivos se podría seleccionar los mejores genes controlando los componentes de este vigor y obtener mayor efecto en

generaciones sucesivas. Por último si la hipótesis de hábitat híbrido es cierta, el vigor híbrido sería igual en las generaciones siguientes al obtenido en la F_1.

Un caso de aprovechamiento extensivo de vigor híbrido es el cruzamiento entre Pinus rígida y P. taeda desarrollado en Corea del Sur donde se obtiene un óptimo comportamiento en la F1 y mejor aún en la F_2

De acuerdo con el tipo de herencia del carácter a mejorar, se aplicará el método de mejoramiento. Si la mayor productividad se debe a dominancia o aditividad se deberá efectuar selección sin endogamia. Si en cambio el vigor se debe a superdominancia se deberá utilizar la endogamia seguida de cruzamientos.

BIBLIOGRAFIA

Beadle G.W. y M. Beadle, 1971. Introducción a la nueva Genética (traducción del inglés). Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina, 282 pag.

Herkowitz I. H., 1965. Genetics (2d.ed.) Little, Brown and Co, Boston, 554 pag. (traducción al castellano, Genética C.E.C.S.A. Mexico, 765 pag. 1970).

Lacadena J. R., 1976. Genética (2d.ed.) A.G.E.S.A., Madrid, 972 pag.

SRB, A.M., R.D. Owen y R.S. Edgar, 1965. General Genetics, Freeman and Co., San Francisco (traducción al castellano Ed. Omega, Barcelona, 632 pag. 1974).

Strickberger M.W., 1976, Genetics (2d.ed.) Macmillan Publ. Co. Inc. N.Y.914 pag. (traducción al castellano 2d. ed. Omega, Barcelona 1978).

Wright, J.W., 1976. Introduction to forest genetics. Academic Press, 463 pag.

FAO, 1964. Mejoramiento genético de los árboles forestales, por J.W. Wright. Estudios de Silvicultura y Productos Forestales no.16. FAO, Roma, 436 pag.

****

Participantes en clase

PRINCIPIOS Y ESTRATEGIA PARA EL MEJOR APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS GENETICOS FORESTALES

Christel Palmberg
Dirección de Recursos Forestales
Departamento de Montes
FAO

CONTENIDO

Introducción

Principios de la conservación y utilización de los recursos genéticos forestales

- Exploración
- Recolección con fines de evaluación
- Evaluación
- Conservación
  - In situ
  - Ex situ
    - Recolección para la conservación ex situ
    - Almacenamiento de semillas
    - Rodales de conservación ex situ
  - Diseminación de información
- Utilización

Necesidad de acción internacional

Observaciones finales

Referencias

Anexo 1.- Recursos genéticos forestales: Fases y Operaciones

Anexo 2.- Recursos genéticos forestales: Duración de las fases necesarias; ejemplo hipotético para un pino tropical

Anexo 3.- Progresos durante los últimos 10 años en la conservación y utilización de recursos genéticos forestales

INTRODUCCION

El aumento de la población mundial, junto con la elevación de los niveles de vida, ejercen una presión continua para la conversión de tierras forestales a usos agrícolas y de otro tipo (Willan, 1973). La consiguiente desaparición en gran escala de bosques naturales da lugar a una pérdida acelerada de germoplasma de valor actual o potencial. Esta pérdida es particularmente inquietante en las regiones en las cuales no se han llevado a cabo exploraciones botánicas y genecológicas sistemáticas, y donde, por consiguiente, la composición de especies y la variación inter e intraespecífica no se conocen suficientemente para permitir la adopción de medidas oportunas y adecuadas de conservación.

Además del hecho de que grandes superficies forestales están siendo destruidas parcial o completamente, a menudo zonas destinadas a seguir siendo bosques se someten a formas de explotación más intensivas, que pueden poner en peligro algunas especies y cambiar la composición genética de otras (Kemp et al., 1976). Incluso cuando la parte central de la gama de una especie no resulta afectada, algunas subpoblaciones o procedencias, especialmente en los límites de la gama de la especie, pueden correr un peligro crítico. A menudo son esas poblaciones marginales aisladas las que han desarrollado, por selección natural, características específicas como la tolerancia a la sequía u a otras condiciones ambientales adversas, y que por consiguiente pueden ser de gran utilidad potencial para lugares sometidos a una presión selectiva similar.

La presión continua sobre las tierras mencionadas, junto con la creciente demanda de madera y sus productos,han hecho que a la utilización de bosques naturales, a menudo complicada, se prefiera la plantación de especies de explotación relativamente fácil, que pueden producir grandes cantidades de madera por unidad de superficie (Willan, 1973). Aunque la creación de plantaciones aliviará hasta cierto punto la presión en los bosques naturales y en el material genético que contienen, ello guarda referencia con otros problemas. Las plantaciones ofrecen al forestal la oportunidad de ejercer un control mucho más estricto, no sólo sobre las características del lugar sino también sobre la calidad genética de sus bosques (Willan y Palmberg, 1974). Esto da lugar a que dejen de emplearse poblaciones "silvestres", dándose preferencia a poblaciones más "adelantadas", en las cuales se han cambiado las frecuencias de genes para satisfacer necesidades concretas.

En estas nuevas poblaciones, seleccionadas y mejoradas con miras a la uniformidad, el alto rendimiento y otros objetivos a corto plazo, la base genética suele reducirse a niveles muy bajos, limitando el acervo o fondo de genes del cual se obtiene material paternal, y rechazando subsiguientemente, mediante la selección en condiciones determinadas, una gran proporción de la población original. Mientras aumenta la adaptación de estas nuevas poblaciones a condiciones concretas de la plantación, disminuye gradualmente su flexibilidad genética y su potencial para futuras adaptaciones, con miras a hacer frente a cambios ambientales a menudo imprevistos o imprevisibles, como una modificación de la calidad media de los lugares donde están situadas las plantaciones, la aparición de plagas y enfermedades nuevas o genéticamente adaptadas, o un mayor nivel de contaminación industrial. La restricción de la base genética en las poblaciones utilizadas para la producción de semillas para futuras plantaciones no surte efectos negativos necesariamente, siempre que la diversidad genética de las especies y las procedencias se proteja con medidas de conservación in situ o con el establecimiento de reservas genéticas, rodales de conservación y/o "poblaciones de base" ('base populations') de base genética amplia, de las que pueda obtenerse el material para satisfacer las nuevas necesidades.

PRINCIPIOS DE CONSERVACION Y UTILIZACION DE LOS RECURSOS GENETICOS FORESTALES

Conceptualmente, los principios de la conservación genética son los mismos para todos los organismos, ya sean de vida corta o larga, domesticados o silvestres; las necesidades, las oportunidades y los métodos difieren en los detalles, pero no en sus principios más amplios (Frankel, 1978).

La estrategia precisa de la conservación depende de la naturaleza del material y del objetivo y el ámbito de la conservación. La naturaleza del material viene definida por la longitud del ciclo vital, el modo de reproducción, y el estado ecológico de los individuos (silvestre o domesticado); el objetivo puede ser la investigación, la conservación estática o evolucionaria (véase más adelante), la selección y la mejora; el alcance se refiere al período y la superficie considerados (Frankel, 1970).

Las diversas fases u operaciones que corrientemente se reconocen como etapas esenciales para mantener la variación inter y intra-específica de especies, y para un aprovechamiento más completo de los actuales recursos genéticos, son las siguientes: (i) exploración; (ii) recolección; (iii) evaluación; (iv) conservación; y (v) utilización (FAO, 1975a) - **véanse Anexos 1 y 2.**

Exploración

Un uso eficiente de los recursos genéticos existentes sólo podrá alcanzarse si se dispone de suficiente información sobre su alcance, estructura y composición (Brazier et al., 1976; Sneep & Hendrikson, 1979; Lamprey, 1975). Para un gran número de especies arbóreas, especialmente las que crecen en los trópicos, existe una grave carencia de conocimientos sobre la ecología y la biología, así como sobre su potencial como especies de

plantación y el posible aprovechamiento de productos no madereros derivados de los mismos. Incluso para las especies de valor comprobado, a menudo no se ha estudiado bien su variación a lo largo de su gama natural. Esta falta de información se evidenció al observarse que los recursos genéticos de todas y cada una de las especies estudiadas durante la década **pasada, en un programa** coordinado por la FAO, corren peligro de disminuir, agotarse o contaminarse en algunos puntos de su hábitat natural. Allí donde no se considera que el acervo genético está en peligro de extinguirse, la población suele haberse reducido tanto que la producción de semillas es muy limitada y puede disminuir aún más en el futuro (Keiding y Kemp, 1978).

Para fines prácticos, las actividades de campo en el fase fundamental de la exploración pueden dividirse del modo siguiente: (i) exploración botánica y (ii) exploración genecológica. La exploración botánica incluye la identificación taxonómica de las especies y el conocimiento de los límites de su distribución, con referencia especial a las poblaciones aisladas. Para algunas especies arbóreas forestales se disponía de información adecuada mucho antes de que empezase la exploración genecológica, para otros puede ser necesario combinar ambas operaciones. La exploración botánica da lugar lógicamente a ensayos de especies.

En la exploración genecológica, se estudian los módulos de variación ecológica y fenotípica dentro de la gama natural de especies, resultando en la recolección de semillas de procedencias y en ensayos de procedencias (FAO, 1975a).

Recolección para la evaluación

La recolección para la evaluación consiste en recoger muestras relativamente pequeñas de semillas de un número relativamente elevado de procedencias, que abarca toda la gama natural de especies. En la fase inicial, la recolección comprende pues un muestreo de toda la gama, en un cedazo bastante ancho. En algunos casos hará falta una segunda fase, consistente en un muestreo limitado de la gama en un cedazo más pequeño, cuando ya se dispone de los resultados de los ensayos de la primera fase. En esta segunda fase las semillas recolectadas suelen mantenerse separadas por árboles madres para permitir la evaluación de la variación genética dentro y entre las procedencias. Los fondos de genes incluidos en las colecciones pueden ser indígenas o introducidos. En la silvicultura estos últimos, llamados "razas de tierra"[y] (esto es, plantaciones exóticas que se han adaptado en diversos grados a las condiciones locales como respuesta a la selección natural, y a veces artificial), son de gran importancia potencial como proveedores de semillas, y deben incluirse en las colecciones (FAO, 1975a; Turnbull, 1978).

Para determinar el número y ubicación de las poblaciones que deben muestrearse, de ordinario se siguen gradientes ambientales; el muestreo dentro de cada población puede hacerse al azar o selectivamente. Aunque este último sistema se utiliza muy a menudo para el muestreo interno de la población, debe recordarse que la superioridad fenotípica no asegura una superioridad genética, especialmente cuando no se conoce la historia de la población (Barner, 1974; Bennett, 1970).

[y] "Razas locales"

Evaluación

La recolección de muestras de toda la gama debe ir seguida de la realización de ensayos de procedencias destinados a revelar la variabilidad potencialmente útil, el grado de adaptación a una serie de condiciones ambientales, y el valor económico o social de las especies/procedencias ensayadas. La evaluación debe realizarse en el mayor número de estaciones posible y, siempre que sea practicable, coordinándose centralmente.

Conservación

El desarrollo del concepto de conservación genética en los años cincuenta fue debido principalmente a la conciencia de que los cultivares primitivos de la agricultura tradicional estaban desapareciendo rápidamente, y la diversidad genética acumulada en ellos durante muchos siglos estaba siendo sustituida por variedades seleccionadas y mejoradas para satisfacer necesidades a corto plazo. La importancia de mantener la diversidad genética y los fondos de genes originales para eventualmente introducir de ellos, en las variedades recién desarrolladas por vías de selección y genética, genes adicionales, a fin de mejorar la adaptación, pendimiento y resistencia a enfermedades y a condiciones desfavorables, se ha puesto de manifiesto concreto con algunos importantes brotes de enfermedades, especialmente en los cultivos alimentarios de generaciones cortas (Frankel, 1978; Sneep & Hendriksen, 1979). No sólo debe conservarse la variabilidad dentro de especies de valor conocido, sino que debe mantenerse también la diversidad máxima inter-específica, incluido el material hasta ahora desconocido y no ensayado, manteniendo así abiertas las futuras opciones (Whitmore, 1975a).

La conservación propiamente dicha abarca la preservación y la utilización; la conservación es, de hecho, un aspecto de la ordenación de los recursos que garantiza que la utilización de ellos es sustentable, protegiendo la diversidad genética esencial para su mantenimiento.

Con frecuencia, al elegir las estrategias a largo plazo para la conservación y utilización de los recursos genéticos, es inevitable un compromiso entre los factores biológicos, técnicos, económicos y administrativos. El objetivo final debe consistir en elegir los métodos que reduzcan al mínimo las pérdidas y permitan un máximo de beneficios en términos de utilidad, conocimiento e integridad (Frankel, 1970a).

Los actuales problemas de la conservación genética son a menudo tan graves que existe la tentación de ocuparse de ellos únicamente. Sin embargo, las estrategias de acción deben incluir también acción preventiva, mediante la inclusión de elementos de conservación en la planificación a largo plazo, en los niveles de adopción de políticas, organización y técnica (Anón., 1980).

Las principales estrategias de conservación son las siguientes (Burley & Styles, 1976):

1. Conservación de ecosistemas. La conservación de áreas cuidadosamente seleccionadas de tamaño adecuado, y con políticas idóneas de ordenación, preservaría no sólo los árboles forestales sino también otros elementos del ecosistema (plantas, mamíferos, pájaros, etc.), así como varios productos de valor actual o potencial, tales como extractos, frutas, etc.
2. Preservación de especies raras y de especies o poblaciones amenazadas de extinción. Este objetivo podría alcanzarse con un procedimiento general de conservación del ecosistema, si se aplicase de manera competente. Se podría también alcanzar conservando el material en reservas in o ex situ.
3. Prevención de la erosión genética, esto es, el agotamiento de la variabilidad genética. En este sector no basta con conservar una especie; debemos garantizar la conservación de un amplio espectro de variabilidad genética, que sirva de reserva para necesidades presentes y futuras (proveedores adecuados de semillas, amplia variabilidad genética como base para la mejora de árboles, etc.). Este material puede conservarse en las reservas in situ, o pueden tomarse muestras de semillas, polen o material vegetativo, de manera que se garantice la conservación de la mayor parte de la variabilidad genética. La semilla, el polen u otro material puede almacenarse como tal, o utilizarse para el establecimiento de rodales de conservación ex situ.

Conservación in situ

La conservación in situ, esto es, la conservación de especies/procedencias como parte de un ecosistema viable y existente, suele ser la forma ideal para la conservación de los recursos genéticos forestales, a condición de que la zona sea plenamente protegida y que el material genético conservado se suministre para su uso dentro y fuera del país de origen (FAO, 1975a ; Whitmore, 1975a,b; Lamprey, 1975; IUCN, 1978). Para muchas especies, por ejemplo, para un elevado número de especies de bosques húmedos tropicales que no son de rápido crecimiento, y que se presentan en forma individual más que como rodales, y para los cuales los conocimientos acerca de la ecología y la genética son escasos o inexistentes, la conservación in situ es el único método de conservación de que disponemos, en el estado actual de los conocimientos (Kemp, 1978).

La conservación in situ de los recursos genéticos forestales deberá combinarse a menudo, por razones prácticas, con otros objetivos ambientales, científicos o socioeconómicos; esto supone en general que debe buscarse un compromiso entre los diversos objetivos de la reserva.

La conservación del acervo de genes muchas veces tiene por objeto diferencias genéticas que no pueden identificarse directamente, sino sólo suponerse. Se trata de la conservación de las muestras de la población, posiblemente en secciones latitudinales o altitudinales, a menudo en amplias zonas, para incluir un espectro de variabilidad ecológica para obtener el espectro correspondiente de variabilidad genética. La eficiencia de la conservación del ecosistema,(por ejemplo, reservas de biósfera, parques nacionales) para satisfacer adecuadamente las necesidades de conservación del acervo de genes, guarda estrecha relación con el tamaño, número, distribución y ubicación de esas reservas.

Se suele estar de acuerdo en que la conservación de muestras representativas de la mayoría de los ecosistemas requiere una superficie de 100 a 1000 ha, dependiendo del tamaño exacto y de la heterogeneidad de la zona así como de la composición de sus especies (Ashton, 1976). Sin embargo, desde el punto de vista de la conservación de recursos genéticos intra-específicos, más que la superficie total de la reserva per se, debe considerarse la inclusión del número mínimo de individuos reproductores que hacen falta para lograr un acervo de genes viable (ésto es, una población que pueda retener su capacidad de autorrenovación).

Considerando los recursos genéticos a nivel de una especie, Ashton (1976), trabajando con especies de bosque húmedos tropicales de Borneo, hizo una estimación teórica de la superficie forestal necesaria para la conservación, suponiendo arbitrariamente que 200 individuos maduros constituirían una población viable; con arreglo a este criterio, haría falta una superficie de por lo menos 2 000 ha de selva virgen no modificada para conservar las especies arbóreas de las dos zonas examinadas, mientras que en 1 000 ha se hubiera protegido sólo al 60 por ciento de las especies. Al nivel intra-específico, Dyson (1975), quien estudió números de individuos citados para el mantenimiento de una población reproductiva efectiva en animales, estimó que 200 individuos constituirían una población mínima "segura" para el mantenimiento de la variación genética de especies forestales, a condición de que por lo menos, se sometiese a muestreo tres partes del área de distribución de la especie: un área central, más dos áreas extremos periféricos. Marshall (citado por Kemp & Whitmore, 1978) recomienda hasta 25 000 individuos como tamaño mínimo teórico de la población necesaria para "mantener un nivel dado de heterozigocidad, en una especie arbórea de cruzamiento lejano y con una distribución "muy extendida" Sin embargo, como se discutirá más abajo, la conservación de "una heterozigocidad mítica" (Namkoong, 1979a), conservando genotipos, no es deseable ni posible.

Las teorías acerca de las ventajas relativas de una reserva grande o de varias reservas más pequeñas, han sido ampliamente estudiadas. La respuesta dependerá de los objetivos exactos de la conservación, la cantidad de variaciones inter e intra-específicas que deban considerarse, y la distribución de las frecuencias de genes. Desde el punto de vista de la ordenación, una o unas pocas zonas de gran extensión serían preferibles, ya que un elevado

número de reservas dispersas son difíciles de ordenar y proteger. Sin embargo, especialmente en el caso de las zonas con una composición compleja de especies, y cuando se quiere conservar la variación intraespecífica de especies extensamente distribuidas, hace falta una serie de reservas estratégicamente situadas para ofrecer una muestra de toda la variación ecológica y genética. Es particularmente importante incluir medio ambientes extremos y poblaciones marginales, en las cuales los efectos de selección natural puedan haber creado variedades o ecotipos de especial valor potencial, y en los cuales las frecuencias de genes puedan ser distintas de las de la población principal, dándonos mayores oportunidades de capturar "genes raros" (Namkoong, 1979a,b).

Conservación ex situ

Aunque en teoría la conservación in situ es la estrategia más eficaz, en la realidad pueden plantearse enormes dificultades que a menudo son de carácter social, político o financiero más que técnico (Sastrapradja et al., 1978; Kemp et al., 1976). El otro procedimiento de conservación es el procedimiento ex situ. La conservación ex situ es especialmente útil para ciertas especies o géneros con una combinación de características biológicas que los hacen idóneos para aplicar este procedimiento; un conocimiento profundo del sistema de reproducción y la biología de las especies, así como la metodología del cultivo en plantaciones y del almacenamiento de las semillas, son requisitos previos para el empleo de esta estrategia. Muchas de las especies que en los últimos años han atraído la atención de los forestales por sus posibilidades de empleo en las plantaciones de alto rendimiento, están incluidas en esta categoría.

A veces, especialmente en el caso de especies de plantación económicamente valiosas, puede ocurrir una modificación genética extensa de los rodales nativos, causada por las actividades del hombre (Libby et al., 1978). Esta situación se plantea cuando poblaciones no nativas de una especie se utilizan para la obtención de semillas y el subsiguiente establecimiento de plantaciones cercanas a rodales indígenas. Nubes de polen de las plantaciones de procedencia exótica se dispersan repetidamente sobre los rodales indígenas, dando lugar a progenie crecientemente contaminada por los genes de las poblaciones extrañas, con la consiguiente pérdida gradual del acervo original de genes. En estos casos, el sistema de conservación in situ no será aplicable, y la única manera de conservar a la población original será aplicando el procedimiento ex situ.

(i) Recolección para la conservación ex situ

Cuando la fase de exploración ha demostrado que algunas poblaciones están en peligro, pero no es posible aplicar el sistema de conservación in situ, es necesaria una pronta recolección de cantidades sustanciales de

semillas u otro material de propagación de las procedencias en peligro, bien para el almacenamiento temporal o bien para el establecimiento inmediato de rodales de conservación ex situ en nuevos emplazamientos (FAO, 1975a). El muestreo para la variación (esto es el muestreo aleatorio, más que selectivo) es esencial para conservar la integridad de las frecuencias de alelos (Frankel, 1970b).

Namkoong (1979a) examina los métodos de muestreo para la conservación de los genes y el número teórico de individuos necesario para mantener la variación intra-específica, calculando niveles de probabilidad de pérdida de alelos específicos que se encuentran en frecuencias determinadas, utilizando intensidades diferentes de muestreo dentro y entre las poblaciones.

No es posible enunciar normas y directrices generales para el muestreo, ya que hay muchos factores, interrelacionados o independientes, que afectan a la variación intra-específica que estamos intentando capturar (heterogeneidad y tamaño de la gama natural, ecología, sistema de reproducción y estructura de la población de las especies, etc.). Sin embargo, como no hay probablemente ningún sistema de muestreo y recolección que permita salvar a todas las combinaciones presentes en una especie, el muestreo suele tener por objeto salvar el mayor número posible de alelos existentes para su futura recombinación y uso (Namkoong, 1979a). Así, nuestro objetivo será más bien conservar y evaluar genes, más que genotipos.

(ii) Almacenamiento de semillas o de otros materiales reproductivos

Además de constituir un medio de conservación por sí mismo, el almacenamiento de semillas es a menudo un vínculo esencial entre la recolección y las ulteriores operaciones de campo. Una manipulación meticulosa de la semilla durante todas las fases de la labor es esencial. Para muchas especies, sobre todo en los trópicos, no existen conocimientos suficientes sobre métodos prácticos de almacenamiento a corto y largo plazo, y es necesario investigar urgentemente esta cuestión.

La conservación de los árboles forestales suele efectuarse por lo general en rodales de conservación in situ o ex situ, más que en forma de semillas, como ocurre a menudo con las especies agrícolas. Esta diferencia de criterios se debe principalmente a dificultades prácticas; los bancos de genes vegetales deberían regenerar sus recolecciones de semillas siempre que la viabilidad descienda en un 15 por ciento, como máximo, por debajo del valor inicial al que se almacenó la semilla (Wang, 1978; IBPGR, 1976). Con el largo período vegetativo que transcurre antes de que la mayoría de las especies forestales produzcan semillas viables, la regeneración de semillas mediante el cultivo y la recolección será un procedimiento prolongado y costoso. Además, la selección natural durante este prolongado período surtirá probablemente efectos más graves y radicales en la composición genética que en el caso de especies que producen semillas al cabo de poco tiempo de la siembra.

Con los conocimientos de que disponemos acerca de la fisiología y la bioquímica del polen y de los tejidos, la conservación de recursos genéticos forestales en estas formas no parece probable que vaya a constituir más que un suplemento útil de otras formas de conservación. Aunque el almacenamiento del polen es un método útil para la conservación a breve y medio plazo, el período de vida del polen, cuando se utilizan técnicas conocidas de secado y almacenamiento, es generalmente más breve y menos fiable que el de la semilla. Asimismo, y con la posible excepción de las especies propagadas vegetativamente, no se cree probable que la conservación de recursos genéticos forestales mediante el cultivo de tejidos vaya a adquirir una gran importancia en el futuro inmediato (Wang, 1978; Frankel, 1978).

(iii) Rodales de conservación ex situ

Los rodales de conservación ex situ son costosos de establecer y mantener, y por consiguiente suelen limitarse a especies de valor probado o de potencial evidente (FAO, 1975a; Cromer, 1976; Kemp, 1976). El peligro de extinción, el potencial económico y la dificultad de la obtención de semillas deberían ser los principales criterios para establecer listas prioritarias de especies y procedencias para la conservación ex situ. Guldager (1978) enumera cuatro objetivos de conservación que pueden cumplirse con el establecimiento de rodales de conservación ex situ:

1. Conservación estática, en la cual se mantiene las frecuencias genotípicas de la población original. Como se ha indicado anteriormente, este método no es practicable para la mayoría de especies forestales.

2. Conservación estática, con la cual se mantienen las frecuencias de genes (alelos) de la población original. No se pierde ninguna información genética, y todos los genotipos encontrados en la población original podrían reproducirse en principio aunque las frecuencias genotípicas de los rodales ex situ sean diferentes a las de la población original.

3. Conservación evolutiva, en la cual se permite que las frecuencias de genes del rodal cambien según las presiones de la selección natural.

4. **Conservación selectiva, en la cual las frequencias de genes del rodal se cambian deliberadamente de manera artificiel a fin de capturar las** características importantes para la economía de plantación de la región, y al propio tiempo eliminar las características indeseables. Para evitar un descenso del potencial genético con miras al establecimiento futuro de plantaciones en medios ambientes distintos del ambiente original de este tipo de rodal, será necesario repetir el proceso en cada estación potencial de plantación. A la larga, la conservación selectiva hace frente a los mismos problemas que los programas de cultivo a largo plazo (esto es, problemas en el mantenimiento de la variación genética, evitar la hibridación, etc.).

Hasta ahora, los rodales de conservación ex situ conocidos corresponden a las categorías (3) y (4). El nivel de mantenimiento de la integridad genética en esos rodales depende de tres factores principales (Guldager, 1978): (i) muestreo de la población original; (ii) supervivencia y crecimiento de los genotipos muestreados ex situ (esto es, adaptación a las nuevas presiones de selección); (iii) el cruzamiento entre los genotipos muestreados ex situ.

i) El muestreo para la conservación se ha examinado anteriormente. Por intensos que sean los esfuerzos para mantener las frecuencias genéticas originales mediante un cuidadoso manejo en una serie de rodales de conservación ex situ de poco servirán desde el punto de vista de la conservación de las especies/procedencias si la frecuencia genética ha cambiado ya considerablemente durante el muestreo inicial. Así pues, el muestreo es de importancia crítica. El almacenamiento durante largos períodos o el tratamiento poco cuidadoso de las semillas son otros factores que pueden afectar críticamente a las frecuencias genéticas incluso antes de que se establezcan los rodales.

ii) Para la mayoría de las especies de plantación es posible combinar la selección de estaciones adecuadas con técnicas eficientes de viveros y plantación para garantizar el 100 por ciento o casi de supervivencia en el campo. La competencia inicial entre los genotipos puede reducirse al mínimo con un amplio espaciamiento. La elección entre el aclareo mecánico o el aclareo silvícola de los rodales dependerá del objetivo último de la conservación y de las posibilidades prácticas. No obstante, si los rodales se establecen en muchos lugares diversos donde las presiones ambientales varían, es probable que se mantenga una gran proporción de la variación genética aunque el aclareo favorezca los fenotipos deseados. A modo de compromiso, puede seleccionarse fenotípicamente una proporción de los árboles que se dejarán en pie (por ejemplo, el uno por ciento), antes de llevar a cabo un aclareo sistemático del resto del rodal. Este es el sistema que se seguirá en el caso de los rodales internacionales de conservación mencionados abajo.

iii) Nuestras posibilidades de transmitir con precisión la información genética entre la primera generación de los rodales de conservación ex situ y la siguiente, dependen del cruzamiento dentro del rodal (sincronización de la floración, proporción de cruzamientos aleatorio real, etc.), el tamaño de la población (que influye en la deriva genética y el coeficiente de consanguinidad) y la migración, en términos de contaminación del polen. Para superar esos problemas, deben considerarse cuidadosamente la ubicación (casi óptima u óptima para la floración y la producción de semillas), el tamaño (el tamaño recomendado es de 10 a 30 ha; FAO 1975a, 1977) y el aislamiento (300 m o más entre las especies/procedencias hibridizantes (FAO, 1975a).

Además de una elección cuidadosa del lugar, los rodales de conservación requieren sistemas meticulosos de preparación del lugar, plantación y mantenimiento (FAO 1975a). Una condición indispensable del establecimiento de un rodal en una región es que existan en la misma suficientes conocimientos técnicos así como una organización estable para garantizar un alto nivel de ordenación a largo plazo. El interés por las procedencias desde el punto de vista de la plantación, es probable que aumente los beneficios así como la seguridad del plan (Guldager, 1978).

En el Apéndice 7 del Informe de la Cuarta Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales (FAO, 1977), figuran prescripciones recomendadas en detalle para el establecimiento y manejo de rodales de conservación ex situ.

Además de las ventajas a largo plazo de la conservación de especies/procedencias de características genéticas conocidas, los rodales de conservación ofrecen valiosas posibilidades de utilización a corto plazo, tales como el suministro de semillas y otro material genético para uso inmediato. Cuando ha podido obtenerse financiación internacional, se han concertado acuerdos para garantizar que los rodales beneficien a todos los países interesados en las especies/procedencias (véase FAO, 1977, Apéndice 7).

Diseminación de información

Existe otro aspecto de la conservación, que es la conservación y difusión de información. No sólo es importante conservar zonas, unidades, poblaciones e individuos, sino que es igualmente importante que la información relativa a los mismos se registre, proteja y suministre adecuadamente (Frankel, 1970a).

Utilización

La utilización es el objetivo último de todas las actividades relativas a los recursos genéticos forestales. Comprende tanto el uso de los suministros de semillas a granel u otro material de propagación para planes de plantación en gran escala, como el desarrollo por vías genéticas de sub-poblaciones y genotipos mejor adaptados y más adecuados para las condiciones locales.

A medida que se consigue información de los ensayos de procedencias, en cuanto a las fuentes más adecuadas de semillas, habrá que hacer mayor hincapié en la utilización de suministros de semillas a granel o de otro material de propagación de las poblaciones bien adaptadas a determinadas condiciones. El suministro de cantidades de materiales de propagación a granel debe correr principalmente a cargo de los servicios forestales del gobierno o del comercio de semillas, aunque es esencial que se concierten acuerdos internacionales y nacionales que prevean criterios y normas comunes de calidad genética y fisiológica del material (FAO, 1975a).

La selección y mejora individual de procedencias localmente adaptadas constituyen un método para mejorar ulteriormente las características seleccionadas. En el caso de especies introducidas, una fase intermedia importante entre los ensayos de procedencias y la repoblación forestal en gran escala con las procedencias bien adaptadas puede ser el establecimiento de uno o más bloques (5 ha o más) de estas procedencias, que sirvan como rodales de semillas y también como base para la selección y la mejora local. Estos mismos rodales pueden servir algunas veces para los fines de la conservación ex situ.

NECESIDAD DE ACCION INTERNACIONAL

Si se consideran simultáneamente la urgencia de la conservación y los esfuerzos masivos necesarios para ella, se ve claramente que la conservación de los recursos genéticos mundiales requiere la cooperación de todos los países.

Aunque los progresos del **mejor aprovechamiento de recursos genéticos forestales** seguirán dependiendo en gran medida de los esfuerzos de los países o de las instituciones de investigación, éstos sólo pueden ser plenamente efectivos en un contexto internacional (FAO, 1975a). El mantenimiento de la diversidad genética de las especies, in situ o ex situ, puede tener que aplicarse en muchos medios ambientes de diversos países; la recolección de semillas no puede limitarse a las fronteras nacionales; una investigación coordinada que proporcione información sobre las especies/procedencias en el máximo número de lugares posibles será de gran interés para las instituciones y los países cooperantes; debe garantizarse a perpetuidad la seguridad y la permanencia de colecciones irreemplazables de material genético, in situ o ex situ, mediante acuerdos bajo supervisión internacional.

Muchos países que poseen recursos genéticos forestales de gran valor potencial, pero a veces inexplorados, se encuentran en una fase temprana de su desarrollo económico. A menudo existe una grave escasez de fondos y personal capacitado en el sector forestal, y como es lógico las disponibilidades se dedican a satisfacer las necesidades nacionales inmediatas, por ejemplo, al establecer las prioridades de las especies (Roche, 1978). Por lo tanto, es muy deseable obtener recursos internacionales para contribuir a la preparación de estrategias y salvaguardar material valiosísimo para muchos países.

El mejor modo de garantizar una coordinación eficiente en el amplio sector de los recursos genéticos forestales es adoptar un programa global como aquél propuesto por el Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales (FAO, 1975a). Este programa debería proveer a la integración de las medidas de conservación con las actividades igualmente importantes de exploración, recolección y utilización. Al propio tiempo debería mejorar la eficiencia mediante la coordinación de los esfuerzos, no sólo de los países sino también de los varios organismos internacionales que se ocupan de los recursos genéticos (Roche, 1978).

Los progresos alcanzados en la conservación de recursos genéticos forestales durante los últimos 10 años se consideran en **Anexo 3.**

OBSERVACIONES FINALES

En el sector de la genética forestal, en rápido desarrollo, hemos resuelto muchos problemas en los últimos años, pero estas solucciones han planteado a menudo otros problemas aún más difíciles. Hemos aprendido las técnicas suficientes para estar seguros de que podemos desarrollar nuevas variedades a fin de atender con más precisión a las necesidades del momento presente. Tenemos más conciencia del hecho de que los fondos originales de genes se perderán si no se adoptan medidas concretas para conservarlos. Ahora tenemos que decidir cómo organizar las estrategias de mejoramiento y manejo de genes para satisfacer las necesidades inmediatas y a largo plazo (Namkoong, 1978).

No debería ser difícil llevar a cabo programas de mejora de árboles que incluyan objetivos a corto y a largo plazo, paralelamente, a condición de que los encargados de la planificación y la financiación comprenden que el programa a largo plazo no es menos importante ni menos merecedor de fondos que el programa a corto plazo, y que cuanta mayor diversidad genética podamos mantener y salvar, mayores serán nuestras posibilidades de encontrar genotipos adecuados para satisfacer las necesidades futuras.

REFERENCIAS

Anon. 1980 — World Conservation Strategy. Living Resource Conservation for Development. IUCN/UNEP/WWF/FAO (en prensa).

Ashton, P.S. 1976 — Factors Affecting the Development and Conservation of Tree Genetic Resources in South-East Asia. En: Tropical Trees: Variation, Breeding and Conservation (Eds. J. Burley & B.T. Styles). Linnean Society, Oxford, U.K.

Barner, H. 1974 — Classification of Sources for Procurement of Forest Reproductive Material. En: Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement. Limuru, Kenya, September-October 1973. FAO/DEN/TF 112. FAO, Roma.

Bennett, E. 1970 — Tactics of Plant Exploration. En: Genetic Resources in Plants- their Exploration and Conservation (Eds. O.H. Frankel & E. Bennett). IBP Handbook No.11. Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgh.

Brazier, J.D, Hughes, J.F. & Tabb, C.B. 1976 — Exploration of Natural Tropical Forest Resources and the Need for Genetic and Ecological Conservation. En: Tropical Trees: Variation, Breeding and Conservation (Eds. J. Burley & B.T. Styles). Linnean Society, Oxford, U.K.

Burley, J. & Nikles, D.G. 1972 & 1973a — Selection and Breeding to Imporve some Tropical Conifers. Vols. I & II. Based on Papers submitted to a Symposium organized by IUFRO Working Parties S2.02.08 and S2.03.01, held in Gainesville, Florida, USA in 1971. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, U.K.

Burley, J. & Nikles, D.G. 1973b — Tropical Provenance and Progeny Research and International Cooperation. Based on Papers submitted to a Symposium organized by IUFRO Working Parties S2.02.08 and S2.03.01, held in Nairobi, Kenya in 1973. Commonwealth Forestry Institute, Oxford, U.K.

Burley, J. & Styles, B.T. (Editores). Tropical Trees: Variation, Breeding and Conservation. 1976 Linnean Society, Oxford.

Cromer, D.A.N. Report of Consultant Mission on Conservation of Forest Genetic Resources in 1976 selected countries in Asia. FO:MISC/76/27. FAO, Roma.

Dyson, W.G. Nota sobre la conservación de especies arboreas in situ. En: Informe de la 1975 Tercera Reunión del Cuadro de Expertos FAO en Recursos Genéticos Forestales. FO:FGR/3/Rep. FAO, Roma.

FAO Información sobre Recursos Genéticos Forestales. Documento Ocasional 1973-79 Forestal. FAO, Roma.

FAO Informe de la Primera Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos 1969 Genéticos Forestales. FO:FGR/1/Rep. FAO, Roma.

FAO Informe de la Segunda Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos 1972 Genéticos Forestales. FO:FGR/2/Rep. FAO, Roma.

FAO Propuestos de un Programa Global para el mejor aprovechamiento de recursos 1975a genéticos forestales. Información sobre Recursos Genéticos Forestales no.4. Documento Ocasional Forestal 1975/1. FAO, Roma.

FAO Informe de la Tercera Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos 1975b Genéticos Forestales. FO:FGR/3/Rep. FAO, Roma.

FAO Informe de la Cuarta Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos 1977 Genéticos Forestales. FO:FGR/4/Rep. FAO, Roma.

Frankel, O.H. Evaluation and Utilization - Introductory Remarks. In: Genetic Resources in 1970b Plants - their Exploration and Conservation (Eds. O.H. Frankel and E. Bennett). IBP Handbook no.11. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh.

Frankel, O.H. Genetic Conservation in Perspective. In: Genetic Resources in Plants - their 1970a Exploration and Conservation (Eds. O.H. Frankel and E. Bennett). IBP Handbook no. 11. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh.

Frankel, O.H. Philosophy and Strategy of Genetic Conservation in Plants. Tercera Consulta 1978 Mundial sobre el Mejoramiento de Arboles Forestales. FO:FTB/77-1/2. Canberra, Australia.

Frankel, O.H. & Bennett, E. (Editores). Genetic Resources in Plants: their Exploration and 1970 Conservation. IBP Handbook no.11. Blackwell Scientific Publications, Oxford and Edinburgh.

Guldager, P. Rodales para la conservación ex situ en los trópicos. En: Metodología de la 1978 Conservación de los Recursos Genéticos Forestales (Ed. L. Roche). FO:MISC/75/8. FAO, Roma.

IBPGR Report of IBPGR Working Group on Engineering, Design and Cost Aspects of 1976 Long-Term Seed Storage Facilities. International Board for Plant Genetic Resources. FAO, Roma.

IUCN 1978 Categories, objectives and criteria for protected areas. A Final Report prepared by Committee on Criteria and Nomenclature Commission on National Parks and Protected Areas. Morges, Switzerland.

Keiding, H. and Kemp, R.H. 1978 Exploration, collection and investigation of gene resources: tropical pines and teak. Tercera Consulta Mundial sobre el Mejoramiento de Arboles Forestales. FO-FTB-77-1/3. Canberra, Australia.

Kemp, R.H. 1976 Report of Consultant Mission on Conservation of Forest Genetic Resources in selected countries in Africa. FO:MISC/76/26. FAO, Roma.

Kemp, R.H. 1978 Prospección, utilización y conservación de recursos de genes. Tercera Consulta Mundial sobre Mejoramiento de Arboles Forestales. FO-FTB-77-1/1.

Kemp, R.H., Roche, L. & Willan, R.L. 1976 Current activities and problems in the exploration and conservation of tropical forest gene resources. In: Tropical Trees: Variation, Breeding and Conservation (Ed. J. Burley & B.T. Styles) Linnean Society, Oxford, UK.

Kemp, R.H. & Whitmore, T.C. 1978 International Cooperation for the Conservation of Tropical and Sub-Tropical Forest Genetic Resources Exemplified by South East Asia. 8th World Forestry Congress. FQL/26-11.

Libby, W.J., Krafton, D. & Fins, L. 1978 Coníferas californianas. En: Metodología de la Conservación de los Recursos Genéticos Forestales (Ed. L. Roche). FO:MISC/75/8. FAO/UNEP, Roma.

Lamprey, H.F. 1975 The distribution of protected areas in relation to the needs of biotic community conservation in Eastern Africa. IUCN Occassional Paper no.16. Morges, Switzerland.

Namkoong, G. 1978 Elección de Estratégias para el Futuro. Tercera Consulta Mundial sobre el Mejoramiento de Arboles Forestales. FO-FTB-77-6/1. Canberra, Australia.

Namkoong, G. 1979a Methods of pollen sampling for gene conservation. Chapter 17. Pollen Management Handbook. Southern Forest Tree Imporvement Committee (en prensa).

Namkoong. G. 1979b Introduction to Quantitative Genetics in Forestry. USDA, Forest Service Technical Bulletin No.1588. Washington D.C.

Nikles, D.G., Burley, J. & Barnes, R.D.(Eds) 1978 Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees. Proceedings of a Joint Workshop of IUFRO Working Parties S2.02.08 and S2.03.01, held in Brisbane, Australia, 4-7 April 1977. Vols. I and IL Commonwealth Forestry Institute, Oxford, U.K.

Roche, L. (Editor). 1978 Metodología de la conservación de los recursos genéticos forestales. Informe sobre un estudio piloto. FO:MISC/75/8. FAO/UNEP, Roma.

Sastrapradja, S. et al. 1978 The conservation of forest animal and plant genetic resources. 8th World Forestry Congress. FQL/26-0.

Sneep, J. & Hendriksen, A.J.T. (Eds) Plant Breeding Prospectives. Centre for Agricultural 1979 Publishing and Documentation, Wageningen, Netherlands.

Turnbull, J.W. Exploration and Conservation of Eucalypt Gene Resources. Tercera Consulta 1978 Mundial sobre el Mejoramiento de Arboles Forestales. FO-FTB-77-1/4. Canberra, Australia.

Wang, B.S.P. Almacenamiento de semillas y polen de especies forestales para la conser- 1978 vación genética: posibilidades y limitaciones. En: Metodología de la Conservación de los Recursos Genéticos Forestales (Ed. L. Roche). FO: MISC/75/8. FAO/UNEP, Roma.

Whitmore, T.C. Conservation review of tropical rain forests: General Considerations and 1975a Asia. IUCN, Morges, Switzerland.

Whitmore, T.C. Tropical Rain Forests of the Far East. Oxford University Press, U.K. 1975b

Willan, R.L. Forestry: Improving the Use of Genetic Resources. Span 16 (3):119-122. 1973

Willan, R.L. & Palmberg, C. Better Use of Forest Genetic Resources. En: Report on the 1974 FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement. Kenya, 1973. FAO/DEN/TF 112. FAO, Roma.

****

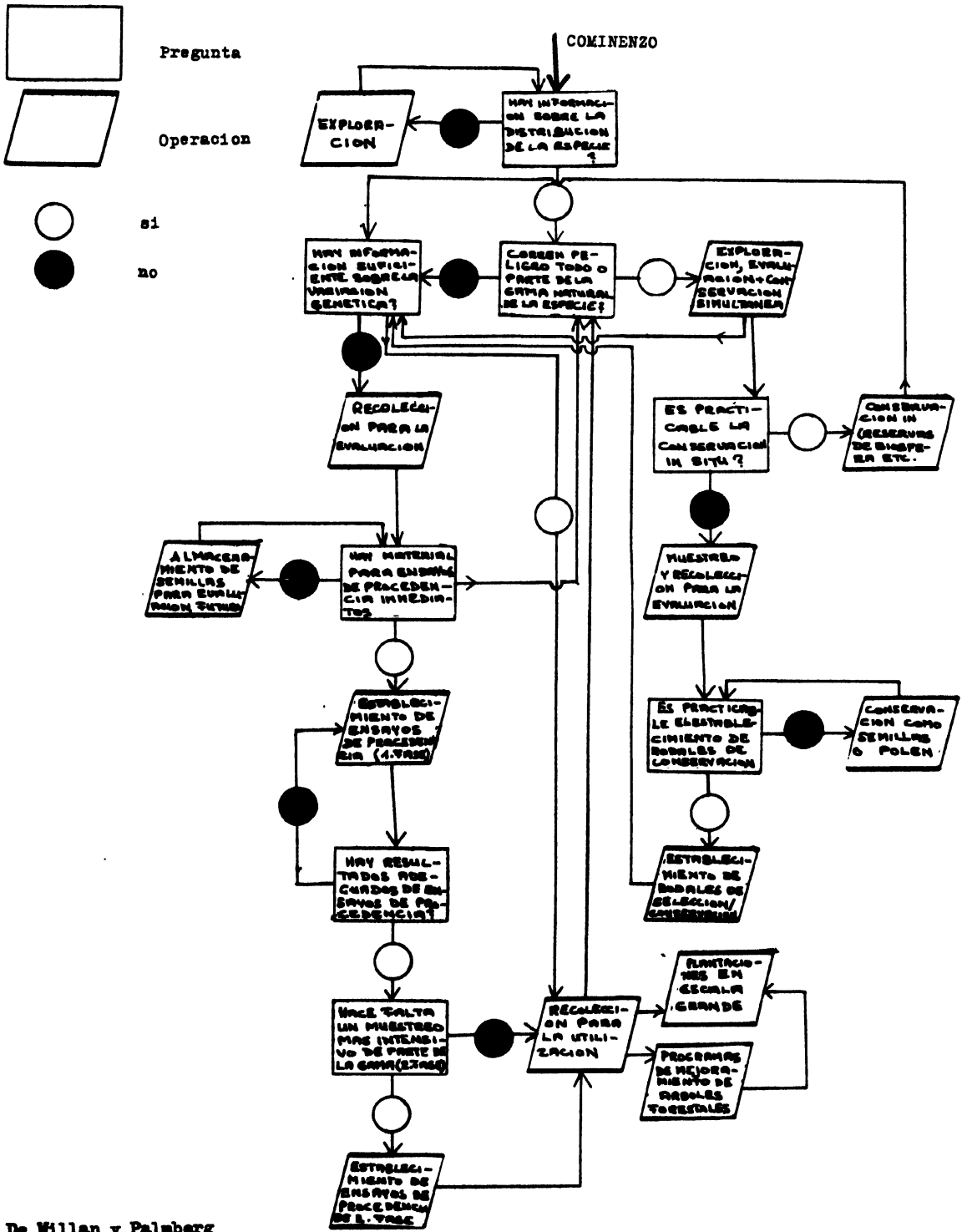
Acodos en Pinus caribaea var. hondurensis

(CONARE, Chaguaramas)

Anexo 1.

RECURSOS GENETICOS FORESTALES

Fases y Operaciones γ

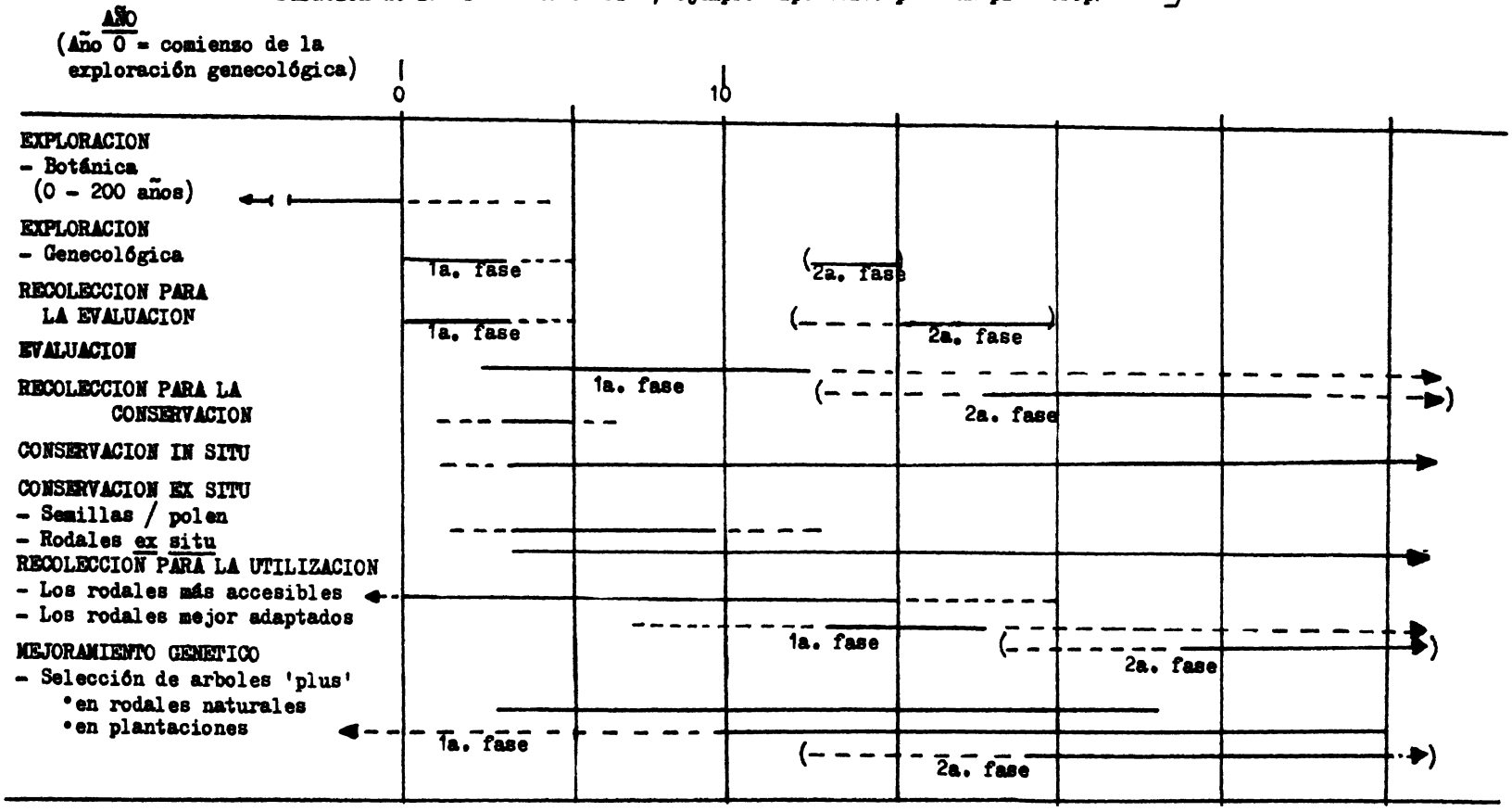


γ De Willan y Palmberg (1974)

Anexo

RECURSOS GENETICOS FORESTALES

Duración de las fases necesarias; ejemplo hipotético para un pi trop: 1/



1/ Traducción del Apéndice en Willan & Palmberg (1974)

Anexo 3.

PROGRESOS EN LA CONSERVACION Y UTILIZACION DE RECURSOS GENETICOS FORESTALES

La preocupación por la pérdida de diversidad genética ha aumentado rápidamente desde comienzos de los años cincuenta, dando lugar a una creciente acción en el plano nacional e internacional.

Aunque algunos institutos nacionales se habían embarcado ya en aquella época en recolecciones sistemáticas de semillas de árboles forestales para uso internacional, el Cuadro ha activado los esfuerzos internacionales y nacionales de exploración, recolección, conservación e investigación de recursos genéticos forestales, creando una conciencia mundial de la necesidad de conservar esos recursos y movilizando fondos nacionales e internacionales para planes experimentales, estudios piloto y actividades en escala práctica en este campo.

El Cuadro se ha reunido cuatro veces. La FAO ha publicado informes sobre estas reuniones, indicando los progresos, las tendencias anteriores y presentes, y las recomendaciones de acción futura (FAO, 1969, 1972, 1975b y 1977). Hasta ahora, los fondos recomendados por el Cuadro para los programas coordinados por el Departamento de Montes de la FAO se han destinado principalmente a las fases de exploración y recolección, mediante la concesión de apoyo financiero a algunos institutos que desarrollan actividades en estos terrenos. Además de los institutos nacionales, la FAO coopera con otros organismos internacionales como la Unesco 1/, el UICN 2/ y el PNUMA 3/, y colabora activamente con los grupos de trabajo competentes del IUFRO 4/; recientemente se han recibido algunos fondos del Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR), que es un órgano auxiliar del Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales (GCIAI), cuya finalidad consiste en movilizar apoyo financiero a largo plazo para subsanar las insuficiencias de la investigación agrícola en los países en desarrollo.

Por intermedio del Cuadro se han establecido prioridades por regiones y especies para cada una de las fases de un programa sobre recursos genéticos forestales (FAO, 1977, Apéndice 8). Estas prioridades, que se revisan periódicamente según los descubrimientos más recientes y las medidas adoptadas, se basan en el peligro que corren los recursos genéticos de las especies, así como en su importancia o potencial socio-económico. Sin embargo, como quiera que sólo en el curso de la exploración se obtendrá información exacta sobre el estado de conservación de una especie, las prioridades indicadas y las especies incluidas en la lista reflejan hasta cierto punto la cantidad y calidad de información de que dispone el Cuadro para adoptar sus decisiones, así como la situación real (Keiding & Kemp, 1978).

1/ Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
2/ Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus Recursos.
3/ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
4/ Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal.

Sobre la base de los órdenes de prioridad indicados por el Cuadro, hasta ahora se han efectuado actividades de exploración y recolección de toda la gama, seguidas por el establecimiento de ensayos internacionales de procedencias centralmente coordinados, para 12 especies tropicales. Se han también logrado considerables progresos en la exploración, recolección, distribución y evaluación de varios géneros, entre ellos Tectona, Populus, Pinus, Pseudotsuga, Araucaria y Eucalyptus; entre los géneros más recientemente incluidos en el Programa figuran Acacia, Prosopis, Terminalia y Aucoumea. La FAO ha publicado resúmenes de las recolecciones más importantes (FAO 1975b; FAO 1977), y a este efecto puede consultarse también la publicación periódica de la FAO "Información sobre Recursos Genéticos Forestales".

Aunque muchos de los ensayos de procedencias efectuados a partir de las recolecciones de toda la gama efectuadas durante los últimos años son demasiado recientes para proporcionar información precisa, muchos indican ya la existencia de grandes diferencias de procedencia e interacciones claras entre las procedencias y el ambiente, confirmando que la investigación sobre las procedencias es tan importante para las especies tropicales como para las de regiones templadas. Los resultados de muchos de estos ensayos, en forma resumida o por especies y países se han publicado en las actas de las reuniones conjuntas de los Grupos de Trabajo de IUFRO S2.02.08 y S2.03.02, celebradas en 1971, 1973 y 1977 (Burley & Nikles, 1972, 1973a, 1973b; Nikles, Burley y Barnes, 1978).

Con el apoyo financiero del PNUMA, en 1975 la FAO realizó un estudio piloto que dio lugar a la publicación "Metodología de la Conservación de los Recursos Genéticos Forestales" (Roche, 1978a). Sobre la base de las recomendaciones técnicas de este estudio, y de los primeros resultados de la exploración y los ensayos internacionales de procedencias mencionados anteriormente, en 1975/76 se inició un proyecto FAO/PNUMA para la conservación de recursos genéticos de algunas especies y procedencias. Este plan experimental, que incluye elementos de conservación, tanto ex situ como in situ, está llegando a su fin, y se está preparando un informe sobre los progresos y las conclusiones.

El componente ex situ del mencionado proyecto de la FAO/PNUMA, ha confirmado todas las esperanzas. Durante los últimos cuatro años se han establecido 33 rodales internacionales ex situ de conservación/selección de unas 10 ha cada uno, en cinco países de Africa y en un país de Asia, con un total de 11 procedencias de cuatro especies diferentes (véase el cuadro 1). Además de los rodales internacionales financiados por el PNUMA y la FAO, muchos de los países participantes en el proyecto, así como algunos países vecinos han establecido rodales nacionales de selección/conservación ex situ. En los Apéndices 7/1 a 7/4 del informe de la Cuarta Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales (FAO, 1977) se reproducen los motivos de la elección de las especies/procedencias para el proyecto, el acuerdo concertado entre la FAO y los países participantes, algunas recomendaciones sobre el establecimiento, el manejo y la ordenación de los rodales, y estimaciones de los costos. En resumidos términos, el acuerdo prevé la financiación internacional para sufragar el costo de las semillas, más el costo

Cuadro 1.

RODALES INTERNACIONALES DE CONSERVACION/SELECCION EX SITU

PROGRAMA FAO/PNUMA 1108-75-05

Especie	Pinus caribaea var.hondurensis			Pinus oocarpa			Eucalyptus tereticornis		Eucalyptus camaldulensis		
Procedencia	Alamicamba	Los Limones	Poptun	Mountain Pine Ridge	Yukul	Bonete	Cooktown	Mt.Garnet	Petford	Katherine	Gibb River
País	Area, ha.										
CONGO	20	20	10	10	20	20	10	10			
COSTA de MARFIL	10		10	10	10						
KENYA		10									
NIGERIA	20	20		30	30				10	10	
ZAMBIA				20	10	20	10	10			
TAILANDIA	20	30	10	30	20				30		20
AREA TOTAL PLANEADA	70	80	30	100	100	40	20	20	40	10	20
AREA TOTAL ESTABLECIDA HASTA el 31.12.1979	36.1	46.9	30	79.6	92.1	58.4	20	20	13.1	1.4	10.8

teórico de los dos primeros años de la fase de establecimiento; el gobierno hospedante se compromete a supervisar adecuadamente el establecimiento, el mantenimiento y la ordenación de los rodales y a poner el 50 por ciento de las semillas, o de otro material reproductivo, recogidas a disposición de otros países, a precio de costo.

DANIDA 1/ ha iniciado en 1979 un proyecto complementario sobre la conservación ex situ.

Los acuerdos sobre la conservación in situ han resultado más difíciles de concertar. Con el proyecto FAO/PNUMA se han proporcionado fondos solamente para dos reservas botánicas en Zambia, para la conservación in situ del Baikiaea plurijuga ('Sequoia de Zambia') o 'Zambesi Redwood'). Se considera que los principales motivos de las dificultades planteadas para identificar zonas adecuadas para la conservación in situ son los siguientes:

1. La conservación in situ en los trópicos atañe por lo general a ecosistemas heterogéneos, en los cuales las especies de valor económico inmediato constituyen sólo una pequeña parte. Cuando escasean los fondos, las prioridades nacionales en materia de gastos y esfuerzos tienden a concentrarse en otros sectores y otras especies;

2. Los ecosistemas tropicales son complicados e inadecuadamente conocidos; a diferencia de los rodales de conservación ex situ (monocultivos de igual maduración), son difíciles de manejar;

3. Es difícil prever cuando se obtendrán los primeros beneficios sustanciales de la conservación in situ, a nivel nacional;

4. A menudo es difícil identificar operaciones vitales específicas o fases de la conservación in situ, susceptibles de financiación internacional a corto plazo;

5. Mientras que el establecimiento de rodales de conservación ex situ es un tipo especializado de repoblación forestal que es claramente de la competencia técnica del servicio forestal del país interesado, la conservación del ecosistema, y por consiguiente, la conservación in situ, a menudo puede ser responsabilidad de otras autoridades, como departamentos encargados de la flora y la fauna, autoridades nacionales de parques, etc.

La acción para superar estas dificultades prosigue ininterrumpidamente.

Entre los progresos logrados en la difusión de información sobre recursos genéticos forestales durante los últimos años figuran la organización de varias reuniones, como las siguientes: (i) las tres Consultas Mundiales FAO/IUFRO sobre la Mejora de Arboles Forestales (Estocolmo, 1963; Washington, 1969, Canberra,

1/ Organismo Danés de Fomento Internacional.

1977), en las cuales se recapitularon los datos existentes sobre los principios científicos de la mejora de árboles forestales y la genética forestal; ventajas prácticas y progresos de la mejora de árboles; y problemas y perspectivas de la utilización y conservación de recursos genéticos forestales; (ii) las tres reuniones de los grupos de trabajo de IUFRO S2.02.08 y S2.03.01 antes mencionadas; (iii) el Octavo Congreso Forestal Mundial (Indonesia, 1978), que reconoció la importancia fundamental de la conservación genética y que comprendía en su programa una sesión dedicada a esta cuestión. Se ha también celebrado una serie de cursos de capacitación sobre mejora de los árboles, financiada por el PNUD y DANIDA y organizada y ejecutada por el Departamento de Montes de la FAO (Dinamarca, 1966; EE.UU., 1969; Hungría, 1971; Kenia, 1973; Tailandia, 1975). Un curso de capacitación sobre la mejora de árboles organizado por CSIRO, Canberra 1/, y financiado por el Gobierno australiano, se celebró en Australia en 1977. La Asociación Internacional de Ensayos de Semillas, ISTA, ha organizado varios seminarios sobre el procesamiento y análisis de semillas forestales.

En la publicación "Información sobre Recursos Genéticos Forestales" (FAO, 1973-79) iniciada por la FAO en 1973, y que publica tres números al bienio, figuran noticias periódicas sobre éstas y otras reuniones, sobre seminarios, sobre las recolecciones de semillas de procedencias y sobre la exploración, evaluación, utilización y conservación de recursos genéticos forestales.

1/ División de Investigaciones Forestales del Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization

EL MUESTREO EN LA RECOLECCION DE SEMILLAS FORESTALES

Christel Palmberg
Dirección de Recursos Forestales
Departamento de Montes
FAO

CONTENIDO

Introducción

La recolección para la evaluación

- El muestreo de la población
- El muestreo individual

Recolección para la conservación

Recolección para la utilización

- El muestreo de la población
- El muestreo individual

Observaciones generales

Bibliografía

INTRODUCCION

En toda recolección de semillas, el muestreo determinará definitivamente la proporción de la variación genética presente que se capturará. Los errores o el descuido en el muestreo, por ejemplo, en la selección de las poblaciones y los árboles de los que se recoge la semilla, no pueden remediarse en la fase de plantación, por detenido y perfeccionado que sea nuestro diseño experimental, o por cuidadosamente que establezcamos nuestras plantaciones.

En términos generales, el muestreo se efectúa a dos niveles, el nivel de la población (procedencia y rodal) y el nivel individual. La elección del método exacto y la intensidad del muestreo dependerán de los objetivos específicos de la recolección de semillas.

Los principales objetivos de la recolección de semillas son los siguientes: (i) evaluación; (ii) conservación; (iii) utilización (repoblación forestal en gran escala).

RECOLECCION PARA LA EVALUACION

En este contexto, la evaluación se refiere generalmente a la realización de ensayos de especies y procedencias, en los cuales se evalúa la gama y el tipo de variación y la adaptación de las diversas especies/procedencias a los posibles lugares de plantación.

Las dos preguntas principales que deben responderse cuando se planea una misión para la recolección son las siguientes: ¿Cómo distribuir, en la práctica, el tiempo y los fondos disponibles entre la frecuencia (cuántos lugares) y la intensidad (cuántos árboles en cada lugar)?

El muestreo de la población

Inicialmente, el muestreo se efectúa en toda la gama de la especie (Barner, 1974; Turnbull, 1975). Si no se dispone de información suficiente sobre la distribución de las especies seleccionadas para la recolección, las investigaciones sobre las publicaciones y los trabajos de herboristería, y los contactos con los peritos agrónomos, los botánicos y otras personas que viven cerca del lugar en que crecen las especies, puede contribuir a definir sus límites. Las fotografías aéreas pueden servir a veces para ahorrar tiempo, a la hora de elegir los posibles lugares de recolección en un país desconocido o en un terreno difícil (Turnbull, 1975).

Idealmente, la exploración taxonómica y botánica debe preceder a la recolección, ya que el único modo de establecer un plan eficiente del muestreo es basarlo en el conocimiento de la distribución y la ecología de las especies. Sin embargo, a veces deberán combinarse las actividades de exploración y recolección preliminar. Este tipo de expedición única y combinada no es de prever que proporcione todas las respuestas, y es necesaria una serie de misiones de reconocimiento y recolección de semillas.

El número de procedencias proveedoras de semillas 1/ que deban muestrearse dependerá del alcance y la heterogeneidad de la gama de distribución y de la diversidad genética de las especies. Como será poco lo que se conocerá acerca de los módulos de variación de las especies en los estudios de primera fase, el muestreo podrá efectuarse sobre una cuadrícula bastante gruesa, efectuándose la recolección a intervalos bastante separados, según los gradientes ambientales.

La diversidad genética suele ser mayor en los lugares óptimos para el desarrollo de la especie en cuestión. Sin embargo, en los límites de la gama ecológica, las poblaciones más alejadas de una especie pueden estar expuestas a temperaturas extremas, lluvias muy abundantes o escasas, o condiciones edáficas desfavorables. Estas procedencias pueden poseer características morfológicas y fisiológicas que serán de gran potencial para estaciones especiales. Por este motivo es muy importante que estos lugares marginales se incluyan en las recolecciones (Turnbull, 1975).

1/ Procedencia: el lugar donde crece cualquier rodal de árboles. El rodal puede ser indígena o no indígena (OCDE 1971).

Cuando se han localizado regiones relativamente prometedoras, mediante los ensayos de procedencia de primera fase, las recolecciones de procedencia de segunda fase deben concentrarse en éstos, mediante el muestreo en un tamiz más fino (más puntos de recolección en una superficie más limitada). Turnbull (1975) examina ejemplos de planes de muestreo utilizados para algunas especies concretas.

Los rodales de los cuales se recoge la semilla deberán reunir algunos criterios dados. Un rodal se ha definido como "una población de árboles con suficiente uniformidad en composición, constitución y distribución, como para distinguirse de poblaciones vecinas" (OCDE, 1971). En la práctica, la principal consideración deberá ser la de seleccionar una población que sea lo bastante grande para permitir una polinización cruzada suficiente entre un número elevado de árboles, y que esté aislada de especies entrecruzables para reducir al mínimo los peligros de hibridación (Turnbull, 1975; Melchior y Venegas Tovar, 1978). La aplicación de tales criterios a algunas especies tropicales que se encuentran aisladamente en un bosque mezclado puede ser difícil. En tales casos, podrán mantenerse los lotes de semillas de árboles individuales separados, o podrán combinarse y mezclarse para que representen "un rodal" varios lotes de semillas procedentes de muchos árboles individuales que cubran una considerable superficie (Turnbull, 1975).

Melchior y Venegas Tovar (1978), refiriéndose a plantaciones de Eucalyptus globulus en Colombia, consideran que 300 individuos es el mínimo para un rodal adecuado del que recoger las semillas.

Los rodales deben ser de una edad que permita la producción de la semilla en cantidades, debido a consideraciones prácticas y genéticas.

En el caso de especies introducidas, la semilla debe recogerse, siempre que sea posible, de rodales de origen conocido 1/. La historia general del rodal es importante tanto en el caso de especies indígenas como introducidas. Todo tratamiento que pueda haber alterado a la distribución de los fenotipos debe anotarse, y hay que evitar los rodales que se han sometido a aclareos selectivos para extraer los mejores fenotipos (Turnbull, 1975).

Muestreo individual

Al elegir los árboles para el muestreo para estudios de procedencia, ha de extraerse una muestra que sea lo más representativa posible de la población. Las principales consideraciones en el muestreo son el número de árboles, el tipo de árboles y la distancia entre los árboles que deben muestrearse. Para facilitar la máxima flexibilidad de la selección, conviene que las recolecciones de semilla se efectúen cuando la mayoría de los árboles produzcan una abundante cosecha de semillas (Turnbull, 1975). Las temporadas buenas de producción de semillas proporcionarán también una muestra de semillas que representará mejor a la población, desde el punto de vista genético.

El muestreo individual puede hacerse para capturar la variabilidad, o seleccionando para la superioridad en algunas características concretas. Los estudios de procedencia tienen por objeto exponer las diferencias genéticas

---

1/ Origen: tratándose de un rodal de árboles indígenas, el origen es el lugar en que crecen los árboles; con un rodal no indígena, el origen es el lugar desde el cual la semilla o las plantas se introdujeron originalmente (OCDE, 1971).

entre las poblaciones e indicar las mejores localidades para las recolecciones de semillas. Estas investigaciones pueden hacerse igualmente bien, si no mejor, con semillas de árboles elegidos al azar, que con semillas de individuos cuidadosamente seleccionados, superiores fenotípicamente. Las normas de la IUFRO sugieren la selección de árboles "normales o no inferiores a la media", de condición dominante o codominante en los rodales "normales", en comparación con los rodales de categoría superior (rodales "plus").

Al elegir los árboles proveedores de semillas en rodales naturales, la cuestión del espaciamiento entre los árboles elegidos es importante por la necesidad de evitar árboles estrechamente relacionados desde el punto de vista genético (medio hermanos). Aunque las recomendaciones varían, generalmente se considera que los árboles proveedores de semilla deben guardar una distancia entre sí de 100 a 300 m, para evitar la limitación de la variación muestreada debida al parentesco o a la consanguinidad. Los árboles completamente aislados se deben evitar, ya que podrán tener una frecuencia anormalmente alta de autopolinización (Turnbull, 1975; FAO, 1975; Melchior y Venegas Tovar, 1978). Los árboles contiguos en las plantaciones no suelen tener un alto grado de parentesco porque las semillas se han mezclado antes de sembrar, y por consiguiente no es necesario introducir restricciones en el muestreo de árboles adyacentes (Turnbull, 1975).

El número de árboles muestreados por rodal variará según la especie y el sistema de reproducción ('breeding system'). De 10 a 25 árboles puede considerarse el mínimo de una especie que se encuentra en rodales (Barner, 1974); las posibles soluciones con respecto a las especies tropicales que se presentan en forma individual se han examinado anteriormente.

El número de semillas requeridas por árbol para los ensayos de procedencia no ha de ser muy abundante: 10 000 semillas por árbol, mezclando después cuidadosamente los lotes procedentes de varios árboles; esto bastará para cada experimento, a condición de que las semillas se siembren individualmente en los semilleros o que las plantitas se repiquen individualmente en envases.

LA RECOLECCION PARA LA CONSERVACION

La principal consideración al efectuar los muestreos para la conservación ex situ es el mantenimiento de una diversidad máxima de alelos. Las estrategias para ello se examinan en el trabajo "Principios y estrategias para el mejor aprovechamiento de los recursos genéticos forestales".

LA RECOLECCION PARA LA UTILIZACION

El muestreo de las poblaciones

La recolección de semillas para la utilización suele hacerse a partir de una parte limitada de la gama, con poblaciones que se ha determinado en los ensayos de procedencia que están bien adaptados a las condiciones ambientales del lugar de plantación. Sin embargo, como muchos países empiezan sus programas de plantación antes de disponer de información suficiente sobre el comportamiento de las procedencias, a menudo se efectúan comparaciones climáticas y edáficas para seleccionar los proveedores más probables de semillas. Como la mayoría de las especies y procedencias tienen un cierto grado de plasticidad (esto es, la capacidad de adaptarse a condiciones ambientales que difieren algo de las

naturales) (Willan, 1979), esto puede constituir una medida temporal aceptable a condición de que se inicien paralelamente ensayos de evaluación propios. La evaluación sistemática es siempre necesaria, ya que factores distintos del clima y del suelo en la estación donde crecen los árboles en este momento, determinan la composición genética de ellos, haciendo que los resultados de las nuevas introducciones en un ambiente análogo puedan ser imprescindibles.

Si la recolección se lleva a cabo en plantaciones o en rodales homogéneos y de la misma edad, la calidad genética de la semilla generalmente podrá mejorarse hasta cierto punto, mediante el muestreo para superioridad de los rodales, así como de los árboles (Turnbull, 1975). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que en el caso de rodales naturales que contienen árboles individuales de edades distintas, y en el caso de los rodales de los que no se conoce la historia, el buen comportamiento fenotípico no es una garantía de superioridad genética. La probabilidad de superioridad debida a causas puramente ambientales es, de hecho, del 50 por ciento (Melchior, 1977; Barner, 1974).

Muestreo individual

La norma más baja aceptable de recolección de semillas a nivel individual, que a menudo se utiliza forzosamente para satisfacer las necesidades de cantidades sustanciales de semillas para los programas de repoblación forestal en gran escala, requiere la recolección de semillas de todos los árboles de procedencias determinadas, salvo los de fenotipos notablemente inferiores (Turnbull, 1977). Idealmente, los árboles muestreados en un rodal deben ser dominantes, libres de plagas y enfermedades y, en el caso de recolecciones en plantaciones, de forma mejor de lo normal.

En rodales nacidos por regeneración natural, la recolección de semillas de árboles que crezcan muy juntos puede dar lugar a plantaciones con una base genética estrecha, consecuentemente respondiendo uniformemente a las presiones ambientales, como las enfermedades o condiciones desfavorables imprevistas, y por lo general con menor flexibilidad para adaptarse a las necesidades de un nuevo lugar. Además, si ulteriormente se convierten estos rodales en rodales semilleros, o se recogen semillas de los mismos, pueden producirse graves efectos de cruzamiento en consanguinidad en los rodales resultantes. En los rodales naturales, la distancia entre los árboles utilizados para la recolección de semillas debe ser idealmente de 100 a 300 m o sea, igual a aquélla en las recolecciones para la evaluación; como requisito mínimo los árboles deben seleccionarse a intervalos superiores a la distancia de diseminación natural de sus semillas.

Cuando se recolectan grandes cantidades de semillas, no hay límite máximo para la cantidad de semilla recogida por árbol, a condición de que el número de árboles seleccionados sea cuantioso. Cuando se recogen semillas de árboles en pie, el límite mínimo por árbol dependerá de consideraciones económicas.

OBSERVACIONES GENERALES

Las limitaciones prácticas y las posibilidades económicas modifican a menudo las estrategias ideales de muestreo antes indicadas. Factores tales como la accesibilidad de los rodales y las fluctuaciones anuales de la disponibilidad de semillas a nivel de procedencia, así como a nivel in-

dividual, influyen también en las decisiones acerca del muestreo. Sin embargo, si se conocen los principios genéticos y biológicos en los cuales se basan los métodos recomendados y la intensidad de muestreo, estas modificaciones pueden ajustarse a menudo sin consecuencias excesivamente desfavorables.

Un registro detallado de los procedimientos de muestreo utilizados y del número de procedencias, rodales y árboles seleccionados para la recolección de semillas, así como los criterios de selección en cada caso, son fundamentales.

BIBLIOGRAFIA

Barner, H. (1974) Classification of Sources for Procurement of Forest Reproductive Material. In: Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement, held in Limur, Kenya, September-October 1973. FAO/DEN-TF-112. FAO, Roma.

FAO (1975) Información sobre Recursos Genéticos Forestales. Doc. Occasional For. 1975/1. FAO, Roma.

Melchior., G.H. (1977) Programa Preliminar de un Ensayo de Procedencia de Cordia alliodora, Cupressus lusitanica y otras Especies Nativas y Exoticas. Proyecto Investigaciones y Desarrollo Inudstrial Forestales COL/74/005. PIF No. 7. Bogotá, Colombia.

Melchior, G.H. & Venegas Tovar, L. (1978) Propuesta para Asegurar el Suministro de Semillas de Eucalyptus globulus en Calidad Comercial y Geneticamente Mejoradas. Proyecto Investigaciones y Desarrollo Industrial Forestales COL/74/005. PIF No. 14. Bogotá, Colombia.

OCDE (1971) 'OECD Scheme for the Control of Reproductive Material Moving in International Trade'. Paris, France(OCDE= Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico).

Turnbull, J. (1975) Seed Collection - Sampling Considerations and Collection Techniques. In: Report of the FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling, held in Chiang Mai, Thailand, February-March 1975. FAO/TF/RAS-11 (DEN). FAO, Roma.

Turnbull, J. (1977) Seed Collection and Certification. In: Selected Reference Papers, International Training Course in Forest Tree Breeding. Australian Development Assistance Agency. Canberra, Australia.

Willan, R.L. (1979) Eucalypts for South-East Asia. Tropical Agriculture Research Series No. 12. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan.

LA RECOLECCION Y MANEJO DE SEMILLAS FORESTALES

Christel Palmberg[1/] y G.H. Melchior[2/]

CONTENIDO

Introducción

Condiciones previas biológicas para la floración y fructificación

- La fase juvenil-adulta
- El tamaño efectivo de la población

Planificación de la recolección de semillas

- Determinación de requerimientos de semillas
- Pronóstico y evaluación de la cosecha

El muestreo en la recolección de semillas

Técnicas de recolección de semillas

- Recolección del suelo
- Recolección de árboles en pie

Entrenamiento y seguridad

Envase y registro de las semillas recolectadas

Secado, postmaduración y limpieza de las semillas

Supervisión

Bibliografía

Anexo 1. Equipo necesario para la recolección de semillas, información de la zona y muestreo para herbario

Anexos 2 y 3. Ejemplo de hojas de datos de recolección de semillas

1/ Dirección de Recursos Forestales, Departamento de Montes, FAO, Via delle Terme di Caracalla, I-00100 Roma, Italia

2/ Bundesforschungsanstalt für Holz und Forstwirtschaft, Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung Sieker Land Strasse 2, D-207 Grossahnsdorf 2 Alemania Federal

INTRODUCCION

En Latinoamerica, como en otras partes del mundo, los conocimientos limitados sobre la teoría básica y los métodos prácticos de la cosecha de semillas forestales y sobre el manejo y tratamiento de semillas, son muy prominentes entre los factores que limitan los esfuerzos de plantación en escala grande, sea de especies nativas o de exóticas. Por falta de relaciones exteriores y sobre todo de divisas, el déficit de semillas muchas veces no se pueden llenar por compras dirigidas al exterior.

Como todos los países latinoamericanos aún cuentan con superficies boscosas relativamente grandes, sería posible abastecer los requerimientos internos de semillas de especies nativas por recolecciones en los propios rodales; en el caso de especies exóticas, existe una necesidad urgente de establecer áreas semilleras o plantaciones manejadas para la producción de semillas para llegar a ser el país autosuficiente en semillas lo más pronto posible.

La recolección de semillas forestales puede tener las siguientes finalidades:

- Asegurar el suministro contínuo a corto y a largo plazo de material reproductivo para programas de plantación, a realizarse en relación con la demanda de productos finales en el país;
- asegurar el material reproductivo para ensayos científicos;
- suministrar material reproductivo para el establecimiento de reservas de genes ex situ, y para el establecimiento y ampliamiento de arboretos, jardines botánicos y otras colecciones de especies arbóreas;
- suministrar material reproductivo para embellecer paisajes, sitios recreativos, ciudades, carreteras, etc.

Los métodos de recolección del material reproductivo varía según los objetivos arriba mencionados, y dependerán de las especies consideradas, las estaciones a reforestar, el tipo de material reproductivo a usar, etc.

CONDICIONES PREVIAS BIOLOGICAS PARA LA FLORACION Y FRUCTIFICACION

La formación de gametos y zigotos en las especies arbóreas coníferas y latifoliadas está tratada detalladamente en el Manual publicado por Mittak (1978) y en varios libros de biología. Por eso, la discusión en esta ponencia será limitada a subrayar unos fenómenos de importancia particular para el desarrollo de semillas forestales.

La fase juvenil - adulta

Por medio de la unión de las gametas masculinas y femeninas se forma el zigoto, la semilla, y por fin el esporófito. Por divisiones celulares mitóticas crece un individuo diploide, que puede ser definido por medio de sus características morfológicas y fisiológicas particulares como por ejemplo: la posición de las agujas, la forma de las hojas, y la duración del período juvenil.

El período juvenil está caracterizado por la falta en un individuo de la capacidad de reproducirse por vía sexual. El largo de este período está influído además que por factores hereditarios, por las condiciones ambientales y durará, dependiente de la especie, desde 2 hasta más de 50 años; por ejemplo Cordia alliodora en la zona baja necesita unos 4 a 6 años para entrar en la fase madura, los Podocarpus de la zona montañosa hasta 30 años o más, y los Quercus de la zona templada más de 50 años.

Cuando el árbol entra en estado de madurez sus características morfológicas cambian. Un criterio estrechamente relacionado con el estado de madurez del árbol es el inicio de la floración y la fructificación. Lamentablemente, sabemos poco sobre la variación fenológica entre y dentro de las especies forestales tropicales, y sobre sus motivos genéticos y ambientales. Sin embargo, se sabe que los árboles individuales en un rodal o bosque determinado, suelen variar en la edad cuando comienzan por primera vez a florecer y también en la regularidad de floración y fructificación, especialmente cuando son jóvenes. Como consecuencia de esta variación y por las distancias grandes que muchas veces se encuentran entre individuos o grupos de individuos de una especie en bosques tropicales, nacerán frecuentemente sub-poblaciones que se pueden distiguir por coincidencia de floración. Si son pequeñas estas sub-poblaciones existe un peligro grave de autopolinización dentro de ellas, con consecuencias negativas de consanguinidad en la próxima generación, tales como inestabilidad, poca resistencia contra factores bióticos y abióticos, y un vigor reducido. Por esta razón es indispensable evitar la tentación de recolectar semillas en rodales muy jóvenes, ya que la recolección muchas veces sería más fácil y menos costosa en ellos que en rodales maduros. Sólo cuando el 60 hasta el 100 por ciento de los individuos en una población determinada ha entrado en la fase de floración (sólo poblaciones adultas alcanzarán un porcentaje semejante) se puede considerar la recolección de semillas de ella para fines de plantaciones comerciales.

Para adelantar el comienzo de la fase adulta del árbol y por consecuencia adelantar la floración y la fructificación, los rodales destinados a la recolección de semillas se suelen establecer en estaciones de suelos fértiles y de clímas optimales para la floración de la especie. Se puede también a veces adelantar la fase adulta y aumentar la floración y fructificación por tratamientos con fertilizantes o fitohormonas.

Ninguno de los métodos arriba mencionados pueden utilizarse sin observaciones hechas con mucho cuidado o sin experimentos previos bien organizados, destinados a aclarar las características y los requerimientos específicos de la especie.

El tamaño efectivo de la población

El tamaño efectivo de la población significa la proporción de genotipos que en realidad participan en la fertilización y en la producción de semillas en un año determinado.

Sería ideal para la calidad fisiológica y genética de las semillas la combinación al azar de todos los gametos en poblaciones que contengan un número elevado de individuos no relacionados; ésto se basa en el hecho de que cruces con polen extraño tiene un valor selectivo positivo, manteniendo la heterozigosidad de los alelos y eliminando la manifestación de alelos sub-letales.

Los siguientes factores influyen sobre el tamaño efectivo de una población:

i) el tamaño absoluto de la población;

ii) barreras mecánicas; pueden consistir por ejemplo: en cortinas naturales o una mezcla muy grande de especies no hibridizantes que disminuirán la mobilidad del polen por el aire;

iii) la fenología y la sincronización de la floración.
En adición a la escasez de floración en ciertos años, la falta de sincronización de floración puede reducir drásticamente el tamaño efectivo de la población y dificultar el suministro contínuo de semillas, así como progresos en los programas de mejoramiento. La sincronización influirá en la composición genética de las semillas recolectadas, la cual suele variar en el mismo rodal entre años dependiente de los árboles en flor. En los programas de mejoramiento genético será muchas veces necesario el establecimiento de una serie de huertos semilleros, cada uno con su sub-población fenologicamente sincronizada;

iv) la incompatibilidad entre genotipos.
Este fenómeno, que suele encontrarse especialmente como barrera de autofertilización y la fertilización entre árboles estrechamente relacionados puede basarse en los siguientes factores:

- el polen no germina en el estigma;
- el tubo del polen no penetra en el estigma;
- el tubo del polen interacciona con los tejidos del estilo y no alcanza el óvulo;
- los gametos no funcionan por incompatibilidad;
- tiene lugar la unión entre los gametos pero muere el zigoto formado, por ser la endosperma incompatible, o bien en especies con polyembrionismo la selección obra contra de él.

PLANIFICACION DE LA RECOLECCION DE SEMILLAS

Determinación de requerimientos de semillas[1]

La planificación para la reforestación debe incluir la obtención de semillas y asegurar la disponibilidad de cantidades adecuadas y contínuas de ellas.

Basándose en la extensión del área de la plantación planeada y, según el lugar geográfico y la especie con la cual se desea realizar la reforestación, el encargado calculará la necesidad de semillas para la producción de plantas en los viveros forestales, o para la siembra directa. Por ejemplo, si se ha planificado de reforestar 1 000 ha con la especie de Pinus oocarpa con un espaciamiento de 2.5 x 2.0 m el requerimiento es de 2 000 plantas por hectárea. Consecuentemente, para repoblar 1 000 hectáreas se necesitará 2 000 000 plantas. Para producir una planta en bolsa en el vivero forestal se requiere de esta especie, dos semillas de buena calidad; el número de semillas viables necesarias para la reforestación programada será consecuentemente:

$$2 \times 2\,000\,000 = 4\,000\,000.$$

El número de semillas viables en un volumen específico de conos varía muchísimo según la especie, y aún dentro de la misma especie. Suponiendo que hay, como un promedio, 48 000 semillas de Pinus oocarpa por hectolitro de conos, el volumen de las semillas en el ejemplo citado es:

$$4\,000\,000 : 48\,000 = 83.3 \text{ hl.}$$

Así, dadas las anteriores premisas, se determina que para mil hectáreas de reforestación con plantas en bolsas, se requiere la recolección de aproximadamente 83 hectolitros de conos maduros de la especie de P. oocarpa.

Sin embargo, como no es probable que se podrá cada año recolectar la cantidad requerida de semillas, debe recolectarse la máxima cantidad posible en años buenos, guardándolas en cuartos de refrigeración para años venideros. La provisión para "x" años a recolectar en una cosecha prevista, dependerá de factores tales como la periodicidad de floración de la especie, y la vida de la semilla almacenada en los condiciones de almacenamiento existentes. Es deseable tener siempre en el almacén una cantidad suficiente de semillas para abastecer los requerimientos de por lo menos dos años adicionales al corriente. En este caso, la cantidad para recolectar sería:

$$3 \times 83 = 249 \text{ hectolitros.}$$

[1] Esta parte de la ponencia está basada en Mittak (1978)

Es de mucha importancia llevar para cada especie y procedencia, anotaciones anuales de las fechas de la maduración de los conos, como también de la producción para poder planificar mejor y conocer el ritmo de la periodicidad de las buenas cosechas.

Pronóstico y evaluación de la cosecha 1/

Cuando las yemas reproductivas se han formado, el planificador o el supervisor de la recolección puede determinar, con el método de muestreo apropiado, si se está desarrollando una cosecha potencial. La palabra potencial se enfatiza porque los muchos impedimentos del desarrollo de las semillas pueden causar en cualquier etapa la destrucción de las estructuras reproductivas o las semillas que van madurando.

El pronóstico tempranero se basa en muestreo, mostrando unos 10-20 árboles de yemas femeninas recolectándose de cada árbol, tres ramas de la parte superior de la copa para la identificación de las yemas femeninas. Se puede derivar un indicio de potencial de cosecha eventual, por medio de la evaluación estadística del material de muestreo. Teóricamente, mientras más grande sea la producción de yemas femeninas, tanto mayor será la probabilidad de una buena cosecha de semillas. Desafortunadamente, la relación cuantitativa entre conteos de yemas femeninas y tamaño de cosecha potencial no es de fiar completamente. Sin embargo las comparaciones relativas entre áreas y periodicidad siempre tienen valor práctico. El procedimiento descrito podrá ser útil, mientras se refine una técnica más conveniente para pronosticar las cosechas de cualquiera especie importante para la reforestación.

El pronóstico o los pronósticos subsecuentes se puede basar en un conteo de flores femeninas y, ulteriormente, un conteo de conos nuevos.

Los errores más comunes en la clasificación de las cosechas de conos consisten en contar conos viejos que han diseminado sus semillas en las temporadas anteriores y la realización de evaluaciones basadas en observaciones sobre árboles en las orillas de los caminos, los cuales por estar más expuestos al sol, frecuentemente tienen más conos y yemas que aquellos dentro de los rodales cerrados.

Con base en las calificaciones de las diversas áreas de posible recolección de semillas, el planificador asignará las prioridades de recolección sujetas a la siguiente evaluación del rendimiento (contenido) de semilla de la cosecha.

El objetivo principal de la evaluación de la cosecha es de indicar la cantidad de semilla sana que contienen los conos. Para esta determinación se toman conos al azar de varios árboles bien distribuidos en el rodal. Hay que tener cuidado que las muestras sean representativas de la totalidad de los conos o sea, deben ser recolectadas de todas partes de la copa del árbol semillero.

1/ Esta parte de la ponencia está basada en Mittak (1978).

Se eligen unos diez árboles representativos en el rodal cuya producción se pretende evaluar, recolectando diez conos por cada árbol. Los cien conos así obtenidos, se someten a un examen cortando cada cono por la mitad longitudinalmente. En una de las superficies cortadas se cuentan las semillas buenas y después se les someten a un examnen minucioso, tratándolas separadamente en un horno a 65°C, hasta que las escamas se abren y dejan desprender las semillas. La cantidad total de las semillas buenas obtenidas del cono, se dividen entre el número de semillas contadas por una sola cara del cono partido. Los valores de los cien conos, evaluándolos estadísticamente, darán un factor del multiplicación medio.

En vista que los insectos y enfermedades de semillas afectan no sólo la capacidad del cono o fruto para producir semillas maduras pero también el desarrollo subsequente de las plantitas, se suele estimar que sí más del 50 por ciento de la semilla está dañada, no deberá recolectarse semillas de aquel rodal.

La fecha de la maduración de las semillas varía incluso entre la misma especie y depende de factores genéticos y del micro-clima al cual está expuesto el rodal.

Al mismo tiempo del examen de la cantidad y calidad de semillas es importante formarse una idea del grado de su madurez, para poder fijar una fecha posible para el inicio de recolección. Ya que debe usarse conjuntamente con otros indicadores de la madurez, la prueba de incisión de la semilla suele ser de gran ayuda en la determinación de la madurez. En esta prueba se corta cada semilla longitudinalmente y exactamente a la mitad con una hoja de afeitar. Luego se examina el contenido de 20-30 semillas, con una lupa de 10 aumentos. Generalmente y conforme la maduración de las semillas, los embriones se alargan y se tornan de color amarillento, mientras que el endosperma cambia de una condición lechosa y viscosa a una consistencia firme (similar a la carnaza de coco). El tegumento y el ala también obscurecen. En la mayoría de los casos, el embrión tiene que haberse alargado por lo menos un 75 por ciento de su longitud posible para poder asegurar la viabilidad de la semilla. El largo posible o potencial del embrión es el largo de la cavidad dentro del endospermo.

La prueba de la incisión no debe efectuarse antes de 3 ó 4 semanas de la maduración de las semillas, porque hasta esta fecha los óvulos no fertilizados de algunas especies pueden semejar un desarrollo normal. Es decir, contienen endosperma y tienen la apariencia de semilla buena. Sin embargo, puesto que no están fertilizados, carecen de embrión y no pueden formar semillas viables. Unas tres semanas antes de la maduración, la mayoría de los óvulos no fertilizados dejan de desarrollarse y su tejido de endosperma se secará formando vanas.

EL MUESTREO EN LA RECOLECCION DE SEMILLAS

Véase la ponencia anterior.

TECNICAS DE RECOLECCION DE SEMILLAS

Recolección del suelo

Por sus gastos bajos y por su facilidad, la cosecha desde el suelo se practica extensamente. Incluye la recolección de semillas o frutos que han caído de árboles en pie, y la recolección de árboles tumbados o caídos.

El método se usa frecuentemente para semillas o frutos de tamaño relativamente grande, incluyendo en la región templada Quercus spp., Fagus spp., Castanea spp.; en la región tropical Tectona spp., Shorea spp., Triplochiton spp. y Gmelina arborea (Turnbull 1975; USDA 1974). De ser posible se recomienda limpiar el suelo debajo de los árboles antes de realizarse la recolección.

Ya que la recolección del suelo es un método relativamente fácil y económico, tiene algunas desventajas graves. La viabilidad de las semillas de muchas especies (por ejemplo, Shorea spp.) se pierde rápidamente después de la desprendida de los árboles; las semillas caídas al suelo son también muy susceptibles a daños de insectos, hongos y animales. Por lo tanto, es imperativo que la semilla caida al suelo sea lo antes posible recolectada, ya que uno tiene que tomar en cuenta que las primeras semillas o frutos que caen suelen ser de mala calidad (Turnbull 1975). Otra desventaja de este método es que no se puede generalmente determinar con exactitud el árbol del cual proviene la semilla, y consecuentemente no se sabe nada de la calidad fenotípica de él.

Un método estrechamente relacionado que elimina muchas de las desventajas arriba mencionadas, es el uso de agitadores de árboles; éstos consisten en un brazo hidráulico montado sobre un tractor que, en determinado momento de la época de recolección, agita los mismos, tomándolos por los troncos, y produce la caída de los frutos maduros (Turnbull 1975; Ottone 1978).

En algunos casos, animales como ardillas recogen y acumulan en montones conos o semillas, y éstos son a veces usados por los forestales para la recolección rápida de semillas. Es un método frecuentemente usado, por ejemplo para Pseudotsuga menziesii en los Estados Unidos (Turnbull 1975).

La recolección de semillas de árboles caídos o tumbados en raleos o cortas finales o bien específicamente para la recolección de semillas, es un método común de racolta. Ya que se puede, por lo menos en la teoría, limitar la recolección a rodales deseables usando este método, no se puede volver a recolectar jamás semillas del mismo árbol o rodal. La corta de árboles solamente para recolectar semillas suele mostrar una falta de alcances grande y es además, malgastador.

Recolección de árboles en pie

La recolección de semillas de árboles en pie es el método más usado en escala global en la recolección de semillas forestales. Es un método seguro con tal que se ponga dada atención en factores de seguridad y que se use equipo adecuado y bien cuidado.

Se puede distinguir entre (i) la cosecha en árboles en pie desde el suelo; y (ii) la cosecha en árboles en pie escalándolos.

i) La cosecha en árboles en pie desde el suelo

Hay varios métodos para la cosecha de semillas desde el suelo, usando unos equipos para bajar los frutos y las semillas como por ejemplo, varas largas y livianas para golpear y trillar las ramas, cuchillos con mangos telescópicos o largos para cortar los frutos, bastones con cabezal, cortadores de tijera etc.

Para cortar ramas fructíferas de árboles se emplea en Australia un rifle, o una sierra flexible operado por dos recolectadores desde abajo del árbol; esta última se puede usar para cortar ramas de hasta 20 cm de diámetro (Turnbull 1975).

ii) La cosecha en árboles en pie escalándolos

El equipo usado para escalar árboles depende de la especie y de las condiciones ambientales.

Listas de equipo necesario para la recolección de semillas según Burley & Wood (1978) se encuentran en el Anexo 1.

Espolones

El uso de espolones es el método más frecuente para escalar árboles. El espolón de hierro forjado se sujeta mediante dos correas de cuero bien curtido, suave y firme, al calzado del escalador. Es importante que los zapatos de los escaladores estén firmes y bien cerrados en las piernas del operador. El espolón termina en una punta firme, cuya longitud varía según el método que se emplee para trepar a los árboles. Uno de los mejores se considera a los espolones con puntas cortas, es decir, que no sobresalen de la suela del calzado. Esto permite que el escalador pueda caminar sin dificultad. Los espolones dañan los árboles con corteza delgada y liza, por eso en los árboles jóvenes y con corteza fina, hay que evitar su empleo (Mittak 1978; Turnbull 1975). Para facilitar adicionalmente el trabajo del trepador, se puede usar lazos, por ejemplo, envolviendo en forma de caracola el fuste del árbol con el lazo (Mittak 1978).

Las cuadrillas de IUFRO, recolectando semillas de coníferas norteamericanas, tenían como equipo standard espolones, cinturón de seguridad, un gancho para alcanzar los puntos de las ramas y arrancar los conos, casco protector y "overralls" (Turnbull 1975).

"Bicicleta del Escalador", "Baumvelo"

Para la recolección de conos, semillas o frutos de árboles de corteza muy fina y liza, se recomienda el uso de "BAUMVELO" o "Bicicleta del escalador", los cuales se usan con mucha facilidad en árboles con fustes lizos. Muy especialmente se recomienda el uso de "Baumvelo" en la recolección de yemas y polen en árboles "plus" para evitar dañarlos (Mittak 1978).

Consisten en dos aros completos con una pequeña plataforma cada uno, que se ubican mediante correas especiales sobre los zapatos del operario. También se deben ajustar a la circunferencia del árbol que se va a escalar. Deberán tener, aproximadamente, unos 5-8 cm de más que el ejemplar a subir, para facilitar su desplazamiento. Al ascender, el hombre apoya el peso de su cuerpo en un zapato-aro; luego levanta el otro pie con el zapato-aro, hasta dejarlo lo más alto posible; a continuación levanta el pie que le servía de apoyo, y lo deja junto al otro zapato-aro. Entre ambas operaciones debe ajustar su cinturón de seguridad a la mayor altura posible. Al llegar a la copa, puede desprenderse de los aros y fijarlos en el fuste, y así desplazarse libremente; para descender debe volver a ceñir los aros a sus zapatos.

Son fáciles de transportar y relativamente fáciles y rápidos de usar después de un poco de práctica (Mittak 1978; Turnbull 1975; Ottone 1978).

Escaleras

La construcción y material de las escaleras usadas para la recolección de semillas forestales varía mucho. El uso de escaleras es un método rápido y seguro para subir a árboles de hasta 15 m - a veces hasta 20 m o más -. Mittak (1978) distingue los siguientes tipos de escaleras para la recolección de semillas forestales:

Escaleras de cuerda , como las que emplean los marineros. Se lanza un lazo a una rama fuerte y luego se fija a dicha rama la escalera de cuerda.

Escaleras de un solo larguero, con peldaños alternos de barras cortas a ambos lados del soporte. Las escaleras de un larguero son apropiadas en terrenos accidentados y para árboles con muchas ramas; éstas se sujetan en el fuste del árbol por una cadena. Entre este tipo de escalera y el árbol, hay separadores generalmente en la punta donde se encuentra la cadena, para facilitar el acceso. Son más fáciles de afirmar en el suelo que las escaleras de dos largueros.

Para árboles con fustes altos, se requieren escaleras que se puedan armar y desarmar, las que generalmente son de duraluminio . Los elementos de las escaleras tienen una longitud variable (de 2 a 4 m), que no deban pesar más de 3 o 4 kg por unidad (segmento), para que puedan transportarse fácilmente. Los segmentos de las escaleras son construídos de forma, que se encajan uno en el otro y se sujeten por una cadena al fuste del árbol, al que el escalador fija según asciende.

Además de los tipos de escaleras arriba mencionados, se pueden usar escaleras montadas a tractores, así como plataformas hidráulicas de tipos diferentes. Estas plataformas se usan muchas veces sólo en los huertos de semillas ya que los costos por unidad de recolección son elevados (Turnbull 1975).

Redes y otros métodos varios

Un dispositivo especial para escalar árboles, especialmente aquellos con conos pequeños, como de ciprés, es la red construída por la Forestry Commission del Reino Unido. Una red triangular se cuelga mediante cuerdas y ganchos en la copa del árbol; el operador puede subir sobre ella y recolectar los conos finos, los cuales de otra manera no se pueden cosechar, sino cortando partes de las ramas y causando grandes daños en las cosechas de los subsiguientes años. Este dispositivo da buenos resultados en las especies semejantes al ciprés, o sea en especies con abundantes conos o frutos pequeños en el exterior de las ramas (Mittak 1978).

Se menciona también el uso de roldanas sujetas a horquetas fuertes, e incluso el de globos aerostáticos, como métodos utilizados en distintas partes del mundo; sin embargo, su uso ocasiona tantos trastornos, que los hacen difíciles de emplear, y el resultado final, por lo general, es un escaso rendimiento (Ottone 1978; Turnbull 1975).

ENTRENAMIENTO Y SEGURIDAD 1/

Es de mucha importancia, que se entrenen los escaladores para las diferentes fases en la recolección de semillas y en el uso correcto de las herramientas y el equipo.

Los capataces deben conocer qué árboles proporcionarán buena semilla y cuáles no sirven para recolectar frutos, y deben marcarlos antes de que comienze la recolección.

El factor más importante en la recolección de semillas, además de los conceptos genéticos y biológicos, es la seguridad del personal.

El personal debe ser entrenado en las técnicas y conocimientos, tanto en la prevención de los accidentes, como en nociones de primeros auxilios.

Cada cuadrilla debe ser equipada con un botiquín y una camilla. Las herramientas, cinturones de seguridad, cascos, lentes protectores, lazos, ganchos, espolones, escaleras, el botiquín y todos los utensilios para la recolección de semilla, deben ser examinados minuciosamente antes de la salida o comienzo de los trabajos. Cada herramienta u otro equipo, que se dañe durante los trabajos, debe ser de inmediato reportado y formulada una solicitud, para su reemplazo o reparación.

El equipo debe ser limpio, cada vez después del trabajo y para este fin, hay que llevar siempre algo para disolver la resina y otros productos gomosos y de brea. El mantenimiento asegura mayor seguridad y prolunga la vida del equipo.

ENVASE Y REGISTRO DE LAS SEMILLAS RECOLECTADAS

Al ser recogidos, los conos de tipo seco se deben embolsar en envases de arpillera o colocar en cajones tipo frutero pero con fondo completo. Para este tipo de conos, no es conveniente emplear bolsas de plástico, debido a que , al no permitir el libre paso del aire, se condensa la humedad, que puede afectar al fruto y a la semilla; incluso la temperatura se eleva, y ello puede ocasionar deterioros en variable grado al disminuir la capacidad de germinación o enmohecer las semillas que contienen los conos, dificultando su dehiscencia.

Las bolsas de arpillera no se llenan totalmente y se atan sus bocas con hilo; no se cosen, para acelerar los trabajos, y no se llenan totalmente, para que los conos puedan moverse durante el lapso que están en el campo y en los días previos a ser secados; se evita, de esta manera, que desarrollen mohos por la humedad y el mal oreado. Estas bolsas deben ser en todo momento resguardadas de las lluvias y roedores con lonas colocadas en galpones; ésta es la mejor manera de preservarlas. Diariamente se las mueve dos o tres veces, invirtiendo su posición, manteniéndolas acostadas y separadas entre sí, en pisos exentos de humedad. Los cajones permiten que se les apile hasta 2-3 metros de altura; los esquineros de la

1/ Esta parte de la ponencia está basada en Mittak (1978)

parte superior y las separaciones laterales de las tablas favorecen la libre circulación del aire. Es así que se va realizando un presecado, que es básico para los trabajos posteriores y para la calidad final de las semillas, y que facilita, además, su transporte hasta el lugar donde serán procesados los conos.

También las bolsas o los cajones permiten mantener los conos durante el tiempo que va desde la recolección al secado y como generalmente se trata de grandes volúmenes, ya que las cosechas se realizan durante un corto período, es posible así conservarlos en perfectas condiciones (Ottone 1978).

En algunas especies se pierde la viabilidad de los frutos si éstos no se mantienen húmedos. Es necesario recolectarlos antes de que se sequen, y transportarlos al almacén temporario lo más pronto posible. Bolsas de plástico pueden ser usadas como envase muy temporario para algunas especies; son también usadas bolsas de papel rústico con o sin una capa interna de plástico (USDA 1974).

Para asegurar que la identidad de los lotes de semilla no se pierda es de suma importancia la identificación y registro de ellos. Cada saco o envase debe identificarse con una etiqueta dentro y fuera de él. Las etiquetas que tienen que ser resistentes al agua y a la humedad llevarán información sobre la especie, la procedencia, la fecha de la recolección, el nombre y apellido del recolectador etc., y podrán, por medio de un número de lote de semillas ser relacionadas con una hoja de datos más detallada (véanse Anexos 2 y 3 para ejemplos).

SECADO, POSTMADURACION Y LIMPIEZA DE LAS SEMILLAS[1/]

Los conos o frutos serán transportados lo más pronto posible de su almacén temporario al lugar fijo de su manejo y almacenamiento.

El primer paso después del transporte es el secado de los conos y la extracción de la semilla. El secado se puede hacer de dos maneras principales: secado natural por el sol y el aire, y secado artificial.

El proceso de secado natural comporta menos riesgos en el sentido de empeorar la calidad de la semilla, pero es más largo. Además, no se puede usar en climas muy húmedos y lluviosos. Para facilitar el manejo de los conos y las semillas y acelerar el secado de los conos, se colocan sobre lonas, pues éstas permiten en la noche amontonar los mismos en su centro y protegerlos del rocío o de posibles lluvias. También pueden emplearse galpones, donde el aire tenga libre circulación. Aquí pueden utilizarse bandejas, las cuales deben moverse para que al agitarse los frutos desprendan las semillas. Techos de plástico pueden facilitar el paso de los rayos solares y acelerar el proceso; se evitarán los techos de zinc, pues allí se condensa la humedad y son más fríos.

El aumento de la humedad del aire en el lugar de secado puede ocasionar, al igual que lo que suele ocurrir en los hornos, que se produzca una condición conocida como "case-hardening" o cierre hermético, que determina que el cono vuelva a absorver agua, se paralice su apertura y ello ocasiona que se cierre o permanezca parcialmente abierto, lo cual impide el desprendimiento de las semillas.

1/ Esta parte de la ponencia está basada en Ottone (1978)

El secado por el calor artificial permite el control más rígido de la humedad del aire y la temperatura. El tiempo del proceso es más berve, durando de 6 a 15 horas. Requiere, en cambio, equipos e instalaciones que pueden resultar muy costosos. Se debe pensar en que su uso está restringido a algunos días del año; sólo es recomendable para zonas frías y húmedas. El secado debe hacerse en el menor tiempo posible y sin dañar las semillas, el aire debe ser cálido y seco para que el proceso sea parejo y rápido; si se recalienta el cono, puede ocurrir el ya citado cierre hermético. Los conos deberán presecarse y tener los hornos con controles de temperatura eficiente; la misma siempre debe ser la mínima como para secar el cono, no se deberá prolongar el contacto del fruto con el calor, la temperatura oscilará entre 10°C al principio y no más de 52°C al final.

Elevadas temperaturas ocasionan daños físicos y fisiológicos a la semilla, al igual que el aire húmedo, que se debe eliminar lo más rápido posible. La operación de presecado favorece y acorta la tarea en el horno; por ello conviene hacerlo siempre y por un período que depende de la especie. Si no se emplean hornos rotativos, una vez secados los frutos se los puede ubicar en un cilindro de alambre de 60 x 150 cm (medidas aproximadas), el cual se hace rotar; de esta manera se desprenden las semillas que no se han liberado durante el secado. Esta operación es aconsejable hacerla también con los conos secados al sol. En caso de tratarse de poca cantidad, se pueden tomar con las manos y golpearlos entre sí y haciendo que la semilla caiga en un cajón, lona o piso de ladrillo o madera.

En cuanto a los eucaliptos, una vez que los frutos se extraen de los árboles portagranos, en pocas horas o en un día a lo sumo, liberan la semilla; por ello lo mejor es tenderlos sobre lonas y preservarlos de la lluvia. Se separan con facilidad las semillas de los frutos, ramas y hojas con ayuda de un cedazo de malla fina. Luego se embolsa en envases de arpillera de trama estrecha.

Los frutos carnosos requieren generalmente la maceración de la parte externa carnosa, separándola de las semillas por mano o usando equipo especial. El tratamiento incluye fases alternadas de tratamiento con agua, secado y limpieza, y debe comenzarse inmediatamente para evitar la fermentación de los frutos (USDA 1974).

Uno de los factores limitativos en la recolección de los frutos de las distintas especies forestales, es el lapso en el cual se puede realizar la misma. Para alargar el tiempo de recolección se puede, en algunos casos y por ciertas especies, recolectar conos o frutos que todavía no son maduros, dándoles después las condiciones necesarias para que, a pesar de ser extraídos del árbol, puedan terminar su desarrollo anatómico y bioquímico. Generalmente, para la postmaduración, la temperatura debe oscilar - según la especie - entre 5 y 18°C. El proceso debe ser constantemente vigilado para controlar que los factores apuntados se mantengan y no se originen problemas que lleguen a afectar a los frutos y sus semillas, como podría ser el desarrollo de mohos.

Esto significa también conocer con cuánta anticipación se deben retirar los frutos; para algunos pinos se ha determinado que es cuando tienen 1,1 a 1,2 de peso específico, lo que ocurre aproximadamente 15 a 20 días antes de la fecha tradicional.

Los frutos o conos se mantienen en estas condiciones durante un mes, plazo en el cual se cumplen los procesos formadores ya citados. Luego se procede como en el método corriente de secado.

Después del secado, se deben eliminar las alas de las semillas que las tienen.

Para realizar el desalado, se colocan las semillas en un tambor de alambre tejido en cuyo interior existen dos o tres juegos de escobillas, que se regulan según sea el tamaño de la simiente que se va a procesar. Al girar estas escobillas, para lo cual se hallan unidas a un eje central accionado por un motor eléctrico, aprietan a las semillas y sus alas contra el alambre, y así se va produciendo la separación.

También se hace la regulación de las escobillas de manera tal, que el espacio que las separa del alambre no sea tan estrecho que ocasione un frotamiento en exceso, el que puede traer como consecuencia aumento de la temperatura y ocasionar así daños a la simiente.

Si se va a sembrar de inmediato se puede mojar ligeramente la semilla que aún tiene sus alas; ello trae como resultado que, al hincharse las alas por la humedad que absorben, se desprendan fácilmente. Si se debe almacenar la simiente así tratada, deberá secarse previamente.

Para separar las semillas de los restos de las alas, se pueden utilizar tamices sencillos hechos con alambre tejido y un marco de madera, limpiadores de la semilla de hortalizas, debidamente reguladas y con zarandas adecuadas al tamaño de la simiente. También se pueden aventar directamente al aire libre o mediante el uso de aparatos con corriente de aire regulable.

Cualquiera sea la forma de separación que se adopte, en esta operación se eliminan las semillas vanas. En lo que respecta a esto último, se debe llegar hasta cierto límite, ya que de continuar se eliminarían semillas buenas, las que por ser de menor tamaño son más livianas. Por esta circunstancia es preferible mantener algo de semillas vanas, en beneficio de las semillas buenas, pero más livianas.

En todas las fases del manejo de los conos, los frutos y las semillas, uno tiene que recordar que éstos son organismos vivos, y que cualquier daño a ellos resultaría una germinación reducida y un desarrollo desfavorable de las resultantes plantitas.

SUPERVISION 1/

El supervisor y los capataces deben revisar antes de la salida al campo, todo el equipo necesario para realizar un eficiente trabajo. El supervisor tiene además del control del equipo, que encargarse de las facilidades de transporte, combustible y obtención de viáticos para el personal de su grupo. De la organización, en alto grado dependerá el éxito de la cosecha, la seguridad del personal y los costos de la recolección.

1/ Esta parte de la ponencia está basada en Mittak (1978)

En el área de la recolección, el supervisor debe diariamente indicar los árboles de los cuales se recolectará la semilla, según el grado de la maduración de éstos.

Se recomienda hacer la recolección por tareas, determinando previamente los costos por el volumen y las condiciones de recibo. Sin embargo, los inspectores deben rigurosamente controlar el cumplimiento de las prescripciones referentes a la calidad del material recolectado.

El supervisor tiene además que llevar un control por escrito sobre el rendimiento de los recolectadores, indicando diariamente la cantidad de conos, semillas o frutos recolectados, con las marcas de cada operador, especie, procedencia y número de lote con las observaciones adicionales necesarias y llenar las hojas de recolección (véanse Apéndices 2 y 3).

Es recomendable la revisión al azar de un saco por cada cinco de la cosecha de cada recolectador, para asegurarse de la calidad exigida, de la correcta cantidad por saco y de su correcta identificación.

La supervisión durante todas las fases del manejo subsecuente es indispensable para evitar daños a la semilla y para asegurar que se mantenga la identidad de los lotes diferentes. Los tratamientos tienen que apuntarse para cada lote en hojas correspondientes.

BIBLIOGRAFIA

Burley J. & Wood, P.J. (1979) (Editores). Manual sobre Investigaciones de Especies y Procedencias con Referencia especial a los Trópicos. Commonwealth Forestry Institute. Tropical Forestry Papers no. 10 & 10A. Oxford, Reino Unido.

Mittak, W.L. (1978) Manual 2. La recolección de semillas forestales. INAFOR BANSEFOR - FAO/TCP:Proyecto GUA 6/01-T. Instituto Nacional Forestal, Guatemala Ciudad.

Ottone, J.R. (1978) Recolección y tratamiento de frutos para obtener semillas forestales. Instituto Forestal Nacional. Folleto Técnico Forestal No. 45. Buenos Aires.

Turnbull, J.W. (1975) Seed Collection: Sampling considerations and collection techniques. En : Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling, held in Chiang Mai, Thailand, February - March 1975. FOR:TF-RAS/11 (DEN). FAO, Roma.

USDA (1974) Seeds of Woody Plants in the United States, Chapter V. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Agriculture Handbook 450. Washington D.C.

Anexo 1. **Equipo necesario para la recolección de semillas, información de la zona y muestras para herbario** [1]

A - Recolección de semilla

Envases para guardar semillas (de campo). Sacos y bolsas (pueden volver a utilizarse).
Envases para guardar semilla (para envío). Bolsas de algodón, sacos de cañamazo (se envían con las semillas).
Marcas para árboles, ej. cinta plástica.
Equipo de escalada. Espuelas, bicicletas de árbol o escaleras. Cinturón de seguridad, sogas de seguridad, cascos de seguridad, sogas para herramientas.
Cortadores de semilla; ej. ganchos para conos, rastrillos de conos, cizallas de poda, tijeras de mano.
Plásticos (calibre fuerte) para proteger frutos, extracción de semillas, etc.
Gemelos para estudiar las copas de los árboles, desarrollo de fruto, etc.
Radioteléfono emisor-receptor portátil (puede ser necesario permiso especial).
Polvos insecticidas y fungicidas para la protección de la semilla (usar con cuidado).
Hachas, sierras, machetes, cuchillos.
Sogas, cordeles, etiquetas, rotuladores.

B - Descripción de la zona

Libro de apuntes, formularios para descripción
Mapas (incluso copias con líneas principales solamente, para completar)
Brújula
Altímetro
Equipo meteorológico (higrómetro, termómetro de máxima/mínima)
Equipo para reconocimiento de suelos (brocas, cuadros de colores, equipo de comprobar el pH)
Equipo para medir árboles (altímetro, cintas para diámetros, calibradores de corteza, etc.)
Máquina fotográfica y equipo (lente gran angular)
Magnetófono (con pilas)
Pala

C - Recolección de muestras

Prensas de plantas
Almohadillas (son suficientes periódicos locales)
Bolsas de plástico
Botellas para muestras líquidas
Líquidos conservadores
Barrena de crecimiento (para muestras de madera)
Berbiquí y broca (para muestras de resina)
Envase aislado (por ejemplo, nevera)
Lupa
Insecticida spray (para material de herbario)

ADEMAS DE: Requisitos médicos, equipo de camping, vehículos y equipo, como sea necesario.

[1] De Burley y Wood (1979)

Anexo 2. **Ejemplo de hoja de datos de recolección de semillas. Centro de Semillas FAO/Danés, Humlebaek**

DAN/FAO NUM.:

DATOS DE RECOLECCION DE SEMILLA - CENTRO DAN/FAO DE SEMILLA DE ARBOLES

Nombre científico: Núm. provisional:

Nombre vulgar: Procedencia:

LOCALIDAD

Latitud: País:

Longitud: Provincia:

Altitud: Región y/o unidad administrativa

Ref. Mapa:

Ubicación detallada:

ZONA

Tipo de suelo:

Pendiente: Orientación:

Drenaje: Precipitación anual:

Distribución mensual de lluvia:

Centro meteorológico más cercano:

RODAL

Asociación vegetal:

Densidad: abierto ... desigual ... denso ... Mét. regeneración:

Altura: Edad:

Diámetro: Forma del tronco:

Estado del rodal:

Comentarios:

RECOLECCION

Método: Fecha de recolección:

Núm de árboles: Espaciamiento de árboles:

Cantidad de semilla/conos: Condición de semilla/conos:

Posibilidades de recolección a escala comercial:

Comentarios:

SEMILLA

Método de extracción: Tratamiento:

Rendimiento por unidad de volumen: Germinación:

Comentarios:

Descripción escrita por: Recolector:

Anexo 3. **Ejemplo de hoja de recolección de semillas. Commonwealth Forestry Institute, Oxford**

Especie: Pinus oocarpa Schiede Semilla N°: K 31 Almacen N° 1/71

País: Nicaragua Provincia: Nueva Segovia

Distrito: Dipilto Zona: El Junquillo

Latitud: 13°42'N Longitud: 86°35'W Altitud: 1.000 m

Situación: En el occidente y en las pendientes del sur de la Cordillera de Dipilto. La Cordillera constituye el límite norte de Nicaragua en esta localidad. Los rodales, que quedan a unos 5 kms al norte de Macuelizo y 8 kms al oeste de Dipilto, forman parte de un área de unos 150.000 ha de pinar abierto que se extiende a una distancia de más de 70 kms en dirección este-oeste a lo largo de la cordillera y hacia el norte a los pinares de Honduras. La lluvia aumenta progresivamente hacia el este y en esta dirección las pendientes inferiores (por debajo de los 800 m) son progresivamente ocupadas por la población de P. caribaea que tiende a aumentar, mientras que en las pendientes por encima de los 1.500 m tiende a dominar P. pseudostrobus y un bosque caducifolio. En el término occidental, cerca de Macuelizo, las pendientes bajas y los valles sostienen solamente matorral seco de espino, y P. oocarpa es la única especie de pino; esta especie constituye la mayoría del pinar que se extiende por toda la cordillera.

Suelo: Arenoso, de drenaje rápido o suelo con guijarros con cuarzo abundante, derivado in situ por el desmoronamiento de rocas graníticas, con afloramientos frecuentes en las pendientes más empinadas y las cumbres. Erosión activa. Los suelos son generalmente superficiales salvo en depresiones o valles, y contienen muy poco humus. pH = 5.7.

Clima: La precipitación media anual en Macuelizo (5 km al sur) es de 904 mm con la distribución siguiente (cantidades dadas en mm):

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4	1	21	16	113	180	110	85	149	163	49	13

No se dispone de datos de temperatura de Macuelizo pero en la estación de Ocotal (20 km al este, y 400 m por debajo de la altitud de El Junquillo), las temperaturas media máximas mensuales en la temporada seca varían entre 28°C y 32°C.

Descripción del rodal: Pinar muy abierto en pendientes muy empinados (25° a 35°) con cubierta herbácea muy escasa, incluidos Andropogon sp. y Pennisetum sp. Algunos Quercus sp. se encuentran en algunos valles más húmedos. Los pinos de mayor tamaño son de altura superior a 30 m y diámetro de 80 cm a la altura del pecho. La regeneración del pino es esparcida aunque buena en lugares determinados. No son bien definidos los anillos de crecimiento y son difíciles de interpretar, pero parece que el crecimiento es lento, de 3 a 5 anillos por cm.

Arboles fructíferos: DAP: 40-60 cm Altura: 25-30 m
de ramas: 70°-80° Tronco: Recto, cilíndrico, entero

Métodos de recolección: De árboles elegidos en sitios de tala (36 árboles)
Fecha de recolección: Enero, 1971

ALMACENAJE, ENSAYOS Y CERTIFICACION DE SEMILLAS FORESTALES

Bjerne Ditlevsen
Servicio Nacional Forestal, Dinamarca

INDICE

Introducción

Almacenaje
- Factores principales que afectan la viabilidad
  - Contenido de humedad
  - Temperatura
  - Oxígeno y otros factores
- Factores especiales que afectan la viabilidad
  - Madurez de la semilla
  - Hongos, bacterias e insectos
  - Daños mecánicos
  - Cambios citológicos y genéticos
- Métodos de almacenaje
  - Semillas de una longevidad natural
  - Semillas que pueden estar almacenadas durante 5–10 años a un contenido de humedad y temperatura bajos
  - Semillas que pueden estar almacenadas durante 3–5 años a un contenido de humedad moderado y temperatura baja
  - Semillas que pueden estar almacenadas durante 1–3 años a un alto contenido de humedad y temperatura baja
  - Semillas de una vida muy corta

Ensayos
- Toma de muestras
- Análisis de pureza
- Ensayos de viabilidad
  - Análisis de germinación
  - Ensayos indirectos de la viabilidad
  - Resultados de ensayos de viabilidad y su utilización
- Análisis del contenido de humedad
- Determinación del peso de semillas
- Ensayos del estado sanitario
- Equipo de ensayos de semillas

Certificación de semillas forestales
- Programas de certificación
- Realización de programas de certificación

Bibliografía

INTRODUCCION

Una planificación y producción eficaz de los programas de forestación requiere que todo el tiempo sea posible conseguir las cantidades suficientes de semillas que tengan las características fisiológicas y genéticas deseadas. A esta finalidad se requiere en primer lugar que la semilla pueda almacenarse hasta el momento de su utilización sin perder la capacidad germinativa, y en segundo lugar se requiere un control continuo mediante ensayos de semillas de las características fisiológicas de la semilla. Finalmente es importante para la producción futura de las plantaciones que cuenten con la seguridad de que el material tiene la calidad genética deseada.

ALMACENAJE

El almacenaje puede definirse como la conservación de semilla viva desde la época de recolección hasta el momento de siembra (Holmes y Buszewicz, 1958).

Los motivos del almacenaje de semillas forestales pueden sintetizarse en la manera siguiente (FAO, 1955):

1º Conservar semillas en las condiciones que mejor protejan su capacidad germinativa en el período entre la recolección y la siembra,
2º Proteger la semilla contra la destrucción de roedores, aves e insectos,
3º Conservar cantidades de semillas recogidas en años de gran producción de semillas con miras a tener suministros para años de producción reducida de semillas o que no tengan producción alguna.

Como muchas especies de árboles forestales sólo producen semillas en cantidades suficientes a intervalos de varios años, el almacenaje por mucho tiempo es de gran importancia para el suministro regular de semillas forestales.

Generalmente es de suponer que la respiración y las actividades metabólicas deben reducirse considerablemente para que la semilla pueda sobrevivir un largo período de almacenaje. En la práctica esto significa que tan sólo la semilla que pueda soportar una reducción de su contenido de humedad y un almacenaje en estas condiciones, puede sobrevivir un largo período de almacenaje. También es importante que la semilla esté bien madura antes del secado y que no haya sufrido daños durante la recolección y manipulación.

Factores Principales que Afectan la Viabilidad

La viabilidad generalmente puede definirse como la capacidad de sobrevivir o seguir el desarrollo. Una semilla viva así es capaz de germinar en condiciones favorables. La germinación de la semilla no es necesariamente ni fácil ni rápida, y semillas vivas en reposo pueden requerir un tratamiento especial de mucho tiempo para poder germinar (Owen, 1956). Los factores más importantes que influyen en la viabilidad de la semilla durante el almacenaje, son el contenido de humedad de la semilla y la temperatura. En algunos casos se ha demostrado que los distintos gases del aire ambiente tienen cierta influencia en la semilla (Owen, 1956).

Contenido de Humedad

Según las reglas de la Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas (ISTA) el contenido de humedad de la semilla se expresa como porcentaje del peso de la semilla en estado húmedo (ISTA, 1976):

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso de la humedad}}{\text{Peso de la humedad + peso de la sustancia seca}} \times 100$$

Una reducción del contenido de humedad reduce considerablemente los procesos metabólicos, lo cual, a su vez, reduce el proceso respiratorio y el consumo de las sustancias nutritivas almacenadas. Sin embargo, hay que destacar que algunas especies forestales de semillas grandes, por ejemplo muchas especies de frondosas, normalmente no pueden sobrevivir una desecación. Además es importante que el secado se efectúe con gran cuidado.

Sabido es que el contenido de humedad en la semilla se aumenta antes de la maduración. Después de la maduración baja mucho. El contenido de humedad natural en semillas después de la maduración varía entre el 15 y el 50% en función de la especie y de las condiciones.

Un cambio del contenido de humedad durante el almacenaje como consecuencia de almacenaje al aire libre o debido al abrir y cerrar de los depósitos de almacenaje destruye la capacidad germinativa de la semilla (Barton, 1961).

El contenido de humedad obtenido en el almacén depende en gran medida de la humedad relativa del aire existente en el almacén. En pocos días o, en ciertos casos, en pocas horas en el almacén se produce un equilibrio característico entre el contenido de humedad de la semilla y la humedad relativa del aire (Holmes y Buszewicz, 1958). Los cambios del contenido de humedad

dependen de la humedad relativa del aire, contenido de humedad de la semilla y tipo de testa y tamaño del lote de semillas.

Debe tenerse en cuenta que los resultados de estudios del contenido de humedad de un lote de semillas son valores medios y que puede haber variaciones importantes del contenido de humedad de semilla en semilla. Schönborn (1964) demostró por ejemplo que en un lote de semillas de Pinus sylvestris con un contenido de humedad promedio del 6,7% hubo variaciones del 4,1 al 9,3% entre las semillas.

Temperatura

En general las semillas se conservan mejor a temperaturas relativamente bajas que a temperaturas altas. Las variaciones de temperatura son más desfavorables para la conservación de la calidad de la semilla que la misma temperatura.

La interacción entre la temperatura y el contenido de humedad de la semilla es de gran importancia para el almacenaje de semillas, y muchas veces es difícil separar los dos factores. Como regla general podemos decir que cuando la temperatura es baja, el contenido de humedad crítico está en un nivel más alto que cuando la temperatura es alta, o sea que una temperatura baja hasta cierto punto puede compensar un alto contenido de humedad y viceversa (Holmes y Buszewicz, 1958).

La temperatura influye en la absorción de humedad de la semilla durante el almacenaje. Una regla general es que el contenido de humedad de la semilla a una humedad relativa del aire dada, baja cuando sube la temperatura.

Schönborn (1964) ha realizado estudios para demostrar las temperaturas más bajas que soportan semillas de diferentes especies forestales a diferentes porcentajes de humedad.

Los resultados demuestran que cuanto más bajo es el contenido de humedad, tanto más baja es la temperatura que soporta la semilla. Además, se desprende de los estudios que especies como Picea abies, Abies alba, Pinus sylvestris, Fagus sylvatica, Pseudotsuga, Betula y Quercus soportan temperaturas de hasta -20°C a un contenido de humedad de entre el 8 y el 10%.

Para semillas que exigen un alto contenido de humedad para poder conservar su capacidad germinativa, la utilización de temperaturas bajo cero supone daños por helada con la consiguiente pérdida de la capacidad germinativa (Holmes y Buszewicz, 1958).

Oxígeno y Otros Factores

El proceso respiratorio depende como cosa natural del contenido de humedad en la semilla. El objeto de reducir la temperatura y el contenido de humedad durante el almacenaje es precisamente el de reducir la intensidad respiratoria, por ser ésta la única manera de asegurar que la semilla mantenga su capacidad germinativa por mucho tiempo.

Sabemos que es conveniente almacenar semillas con un bajo contenido de humedad en depósitos herméticos que mantienen una humedad constante, reducen el proceso respiratorio y protegen la semilla contra animales dañinos. Para semillas que exigen un alto contenido de humedad durante el almacenaje, como por ejemplo Quercus spp, el almacenaje en depósitos herméticos puede resultar nada menos que dañoso, lo cual parece ser debido a que este grupo necesita cierto cambio del aire durante el almacenaje (Wang, 1977). Sin embargo, claro está que la composición del aire dentro del depósito sufre modificaciones con el tiempo debidas a los procesos respiratorios, cosa que puede influir en la vida de la semilla.

Se ha realizado una serie de estudios de la influencia que tienen varios gases diferentes en la vida de la semilla, y los resultados han sido publicados por Owen (1956) y Barton (1961).

Factores Especiales que Afectan la Viabilidad

Madurez de la Semilla

Sabemos que el grado de madurez en la época de la cosecha de semillas es un factor importante a que se debe parte de la variación de la viabilidad de la

semilla. Por consiguiente, el momento de recolección es de gran importancia, y es importante poder determinar los estadios más tempranos de la maduración en que se puede lograr gran cantidad de semillas vivas.

El grado de madurez puede ser evaluado mediante una serie de métodos diferentes que han sido descritos en detalle por Barner (1975).

Sin embargo, a menudo resulta difícil determinar el momento más apropiado para la recolección de semillas, y especialmente en los países tropicales el período desde la maduración de la semilla hasta su dispersión muy a menudo es muy corto. En otros casos puede haber varios grados de madurez en un mismo rodal o incluso en un mismo árbol, lo que puede dar por resultado que sea necesario recoger semillas no maduras en la espera de poder inducir una postmaduración antes de almacenar la semilla.

Hongos, Bacterias e Insectos

Semillas que son almacenadas en condiciones relativamente húmedas, son atacadas con facilidad por los llamados "hongos de almacén" que ante todo comprenden los grupos Aspergillus, Botrytis, Rhizopus y Penicillium. Holmes y Buszewicz (1958) proporcionan más referencias.

El método más corriente para evitar los ataques de hongos y bacterias durante el almacenaje, es la utilización de temperaturas relativamente bajas o un contenido de humedad relativamente bajo que imposibilitan la vida de los hongos y bacterias. La utilización tanto de una temperatura baja (máx. +5°C) como de un contenido de humedad bajo (máx. un 10%) proporciona la mejor protección natural.

Según Christensen (1972), la utilización de fungicidas durante el almacenaje en seco a menudo presenta problemas, ya que muchas fungicidas para tener efecto deben ser disueltas en agua.

La mayoría de los insectos, incluyendo especialmente a las especies Megastigmus, rara vez destruyen mayor número de semillas que las ya infestadas en el momento de ser almacenadas. En la mayoría de los casos la destrucción por insectos puede evitarse mediante control de la temperatura, considerando que casi todos los insectos que hay en semilla almacenada, mueren a temperaturas superiores a 40-42°C (Holmes y Buszewicz,1958.). La utilización de productos químicos

para combatir los insectos también puede ser útil, pero debe tenerse en cuenta que dichos productos, especialmente en caso de semillas de un contenido de humedad relativamente alto, pueden reducir considerablemente el poder germinativo (Ezumah, 1976).

Daños Mecánicos

Los daños mecánicos pueden definirse como cambios dañosos debidos a daños relativos a la recolección o manipulación de las semillas. Como los efectos de daños van aumentándose con el tiempo, el grupo de daños mecánicos también comprende grados de daños avanzados iniciados por daños mecánicos (Moore, 1972).

La reacción de las semillas frente a los daños varía mucho, y algunas especies tienen una capacidad natural mejor de restitución. Daños importantes reducirán en seguida la viabilidad de la semilla, mientras daños menos importantes muchas veces no serán críticos hasta después de cierto tiempo. En consecuencia, es importante que las semillas que van a almacenarse por mucho tiempo, sean manipuladas con ciudado tanto durante la recolección como durante el manejo posterior.

El contenido de humedad de la semilla tiene importancia para su capacidad de resistir los efectos mecánicos. La semilla húmeda tiende a hincharse, mientras la semilla seca tiende a romperse.

El mejor método de detectar la existencia de daños y su naturaleza es mediante los ensayos de tetrazolium (Moore, 1969), pero también métodos radiográficos como los descritos por Kamra (1967) proporcionan buenos resultados.

Cambios Citológicos y Genéticos

Una reducción de la viabilidad puede suponer un rendimiento reducido en dos maneras: En primer lugar una reducción del porcentaje de germinación puede dar como resultado un número subóptimo de plantas por unidad de superficie, y en segundo lugar la reducción puede significar que las plantas supervivientes son de una calidad inferior (Roberts, 1972).

Muchos investigadores tienen miedo a que una reducción considerable del poder germinativo suponga cambios de la composición genética de un lote de semillas debido a que la capacidad de supervivencia varía de unos genotipos a otros (Harrington, 1970. Frankel, 1970). Además, tienen miedo a que las condiciones desfavorables de almacenaje aumenten el número de cambios cromosómicos (Harrington, 1970).

Wang (1977), sin embargo, llega a la conclusión de que las dos formas de cambios genéticos pueden controlarse en gran medida y mantenerse en un nivel mínimo mediante una eficaz recolección, manipulación y almacenaje de la semilla.

En la práctica esto significa que las semillas cuyas condiciones de almacenaje son favorables y que han mantenido su capacidad germinativa, pueden ser utilizadas con seguridad, en tanto que no es muy seguro utilizar semillas de una capacidad germinativa muy reducida. Especialmente en el trabajo de mejora y en relación con la conservación de genes en que las semillas están almacenadas por mucho tiempo, deben utilizarse con ciudado.

Métodos de Almacenaje

Como se desprende de lo que antecede, son grandes las diferencias entre las especies diferentes, o, mejor dicho, entre los generos diferentes en lo que se refiere a la capacidad de sobrevivir el almacenaje. En función de esta capacidad es posible dividir las semillas en 5 grupos principales, y a continuación se detallan líneas directrices para los métodos de almacenaje de los distintos grupos y se facilitan ejemplos de generos y especies típicos dentro de cada grupo.

1º Semillas de una longevidad natural. Este grupo abarca Acacia, Robinia, Albizia, Sophora, Cercis, Cytisus y Gleditsia, todos pertenecientes a las leguminosas, cuyas semillas tienen una testa dura y que normalmente tienen un contenido de humedad muy bajo.

La semilla debe almacenarse en seco; la temperatura, sin embargo, no tiene mucha importancia, y no es necesario utilizar depósitos herméticos. En ciertos casos puede ser necesario utilizar desinfección y otras medidas de control.

2º Semillas que pueden estar almacenadas durante 5-10 años a un contenido de humedad y temperatura bajos. Ejemplos típicos de este grupo son Picea y Pinus.

Preparación para el almacenaje: La semilla debe ser manipulada en forma correcta desde el principio, y no debe ser recolectada hasta que esté bien madura. Los conos no deben ponerse calientes, y deben evitarse daños en las semillas y cambios bruscos del contenido de humedad y

temperatura. Durante la extracción debe haber ventilación suficiente, y la temperatura no debe exceder de 20°C al principio y de 40°C al final de la extracción. Después de la extracción el contenido de humedad muchas veces es de 5-8%, y la semilla debe desalarse y limpiarse en primera oportunidad para luego ser almacenada. A las citadas temperaturas normalmente no es necesario efectuar una desinfección de la semilla.

Proceso de secado: El contenido de humedad de la semilla debe determinarse cuanto antes mediante uno de los métodos descritos en el párrafo sobre análisis de semillas.

Si la semilla no tiene el contenido de humedad deseado, hay que secarla. El secado puede ser efectuado al sol, en cámaras calentadas o en un horno. Es importante que el aire circule libremente durante el proceso de secado (Wakely, 1954), y la temperatura no debe exceder de 30°C. El secado químico mediante CaO, ácido sulfúrico o $CaCl_2$ puede utilizarse en lotes pequeños (Magini, 1962).

Contenido de humedad y temperatura de almacenaje: Para la mayoría de las especies de los generos Larix, Picea, Pinus, Pseudotsuga, Thuja, Tsuga, Chamacyparis, Cupressus, Cryptomeria, Alnus, Betula, y Eucalyptus puede recomendarse lo siguiente (Schönborn, 1964, Wang, 1974 y Barner, 1975):

Período de almacenaje	Contenido de humedad %	Temperatura °C
3 - 5 años	6 - 8 %	+ 2 a + 4°C
Más de 5 años	6 - 8 %	-10 a + 4°C
Más de 10 años	6 - 8 %	-10°C

En el caso de Eucalyptus dice Barner (1975) que la mayoría de las especies pueden estar almacenadas por un período de hasta 10 años en depósitos herméticos a temperaturas de 1-5°C, si el contenido de humedad se mantiene a 4 - 8 %. Turnball (1975), Filho y Lisbao (1973) proporcionan información más detallada sobre algunas especies de Eucalyptus.

Como queda mencionado anteriormente, existe una interacción íntima entre el contenido de humedad y la temperatura, y si uno de los factores no puede llegar a lo óptimo, esto puede ser compensado hasta cierto punto mediante el otro factor.

Depósitos de almacenaje: Como la construcción de cámaras frigoríficas que permitan controlar la temperatura al nivel deseado, normalmente es demasiado cara, es importante que la semilla sea almacenada en depósitos herméticos. Con esta finalidad se utilizan en primer lugar depósitos de vidrio o metal. En años recientes se ha empezado a utilizar depósitos de plástico y sacos de polietileno; pero este tipo de depósito no es recomendable para almacenaje por mucho tiempo, visto que no presentan impenetrabilidad total a la humedad (Owen, 1956).

Los depósitos deben tener un tamaño conveniente y deben llenarse completamente de semillas para evitar una respiración demasiado fuerte. Los depósitos no deben abrirse sin que haya motivo, y si resulta necesario, deben abrirse en una cámara fría para evitar la formación de agua condensada (Barner, 1975).

3º Semillas que pueden estar almacenadas durante 3-5 años a un contenido de humedad moderado y temperatura baja.

a. Este grupo comprende Abies (Barner, 1975) y Cedrus y Libocedrus (Holmes y Buszewicz, 1958).

Preparación para el almacenaje: La extracción de semillas no debe efectuarse mediante calor. Los conos deben estar almacenados en condiciones de ventilación suficiente hasta que empiecen a separarse, después de lo cual se puede emplear con cuidado un manejo mecánico para activar la extracción. La manipulación posterior de la semilla debe realizarse con cuidado, ya que son muy sensibles las semillas.

Secado para almacenaje: El secado de las semillas de Abies no debe efectuarse hasta que hayan pasado por una postmaduración (1-2 meses) y debe realizarse con cuidado. La temperatura no debe exceder de 25°C.

Contenido de humedad y temperatura de almacenaje:

	Contenido de humedad %	Temperatura °C
Almacenaje de 1 - 3 años	12 - 13 %	- 4 a -15°C
" de más de 3 años	7 - 9 %	-10 a -20°C

Depósitos de almacenaje: Ver el grupo 2.

b. A este grupo pertenecen de las especies de frondosas Acer, Fagus, Fraxinus, Ulmus y posiblemente Tectona (Barner, 1975).

Preparación para el almacenaje: Con excepción de Ulmus, cuyas semillas deben recolectarse antes de su maduración, las semillas deben estar bien maduras antes de la recolección.

La semilla siempre debe esparcirse en cámaras bien ventiladas y hay que darle vueltas a intervalos regulares.

Secado para el almacenaje: Normalmente no es necesario ni conveniente efectuar un secado artificial de la semilla.

Para Fagus sylvatica cabe destacar que la semilla debe pasar por una postmaduración en condiciones frías y húmedas por otros dos o tres meses, después de lo que se puede reducir con cuidado el contenido de humedad (Barner, 1975).

Contenido de humedad y temperatura de almacenaje: Para la mayoría de las especies del grupo se puede recomendar lo siguiente:

	Contenido de humedad %	Temperatura °C
1 - 2 años de almacenaje	20 - 25 %	-4°C
2 - 3 años de almacenaje	12 - 20 %	-4 a -10°C
más de 3 años de almacenaje	7 - 10 %	-10°C

Para Tectona grandis no existen datos precisos, pero parece que la semilla puede conservar su viabilidad durante 2 ó 3 años si está almacenada en seco en sacos de plástico (Murthy, 1973).

Bonner (1978) estima que un período de almacenaje igual existe para Triplochiton scleroxylen y Gmelina arborea la semilla está almacenada a una temperatura de 0 - 5°C y con un contenido de humedad de 5 - 10%.

Depósitos de almacenaje: Ver el punto 2;
sin embargo, debe observarse que semillas de un contenido de humedad de más de 15 - 20 % no deben almacenarse en depósitos herméticos, sino en sacos que permitan cierta circulación del aire.

4º Semillas que pueden estar almacenadas durante 1-3 años a un alto contenido de humedad y temperatura baja.

A este grupo pertenecen varias especies de frondosas de semillas y frutos grandes como por ejemplo Aesculus, Castanea, Juglans, Liriodendron y Quercus (Barner, 1975).

Los principios más importantes del almacenaje son buena ventilación, contenido de humedad homogéneo y alto y temperatura moderada a baja.

Holmes y Buszewicz (1958) proporcionan una serie de ejemplos de métodos utilizados para almacenaje por poco tiempo (durante el invierno) tanto al aire libre como en un edificio o debajo de una pantalla de protección. Como regla general, los métodos no sirven para almacenaje por mucho tiempo, y además es muy difícil controlar el contenido de humedad y la temperatura durante el almacenaje.

5º Semillas de una vida muy corta.

A este grupo pertenecen Salix y Populus (Barner, 1975).

Normalmente la semilla pierde su viabilidad muy rápidamente, pero ha sido posible, en el caso de ciertas especies, conservar la semilla por más tiempo (Jones, 1962). Holmes y Buszewicz (1958) y Wang (1974) han facilitado información más detallada sobre las especies individuales.

ENSAYOS

Los análisis de semillas tienen por objeto obtener datos reales sobre un lote de semillas (Justice, 1972).

Uno de los factores más importantes para conseguir buenos resultados de los ensayos es la utilización de métodos estándar que proporcionan resultados comparables y reproductibles. A esta relación hay que mencionar la Asociación Internacional para el Ensayo de Semillas (ISTA), que elabora y publica métodos estandardizados para el ensayo de semillas. La última edición de las normas ISTA llevadas al día fue publicada en 1976 (ISTA, 1976).

Toma de Muestras

Para que sea fiel y exacta la información obtenida de un lote de semillas, es importante que la muestra tomada, objeto del análisis, sea representativa del lote de semillas, y por eso es importante utilizar métodos de toma de muestras estandardizados y objetivos. Incluso análisis muy precisos casi pierden su valor, si la muestra tomada no es representativa.

Muchas veces se usan sondas que llegan a todas partes del saco y diseñadas de tal suerte que extraigan muestras de un volumen igual.

Normalmente, la muestra tomada debe reducirse a una porción estándar, y también en este punto es importante que la reducción se efectúe en una manera objetiva y correcta. Turnbull (1975) describe varios métodos, tanto mecánicos como no mecánicos, para reducir la muestra tomada.

Análisis de Pureza

Las semillas forestales pueden contener impurezas en la forma de semillas de malas hierbas, semillas de otras especies de árboles, partes de semillas, hojas y otro material. El objeto de los análisis de semillas es el de determinar cuantitativamente la composición del lote que se analiza. Con esta finalidad el lote se divide en sus partes componentes (Turnbull, 1975).

Por semilla pura se entiende aquella que corresponde a la especie, y además de semillas maduras se incluyen también semillas de un tamaño inferior al normal, semillas arrugadas, semillas no maduras y semillas germinadas, siempre que se puedan identificar con seguridad como pertenecientes a la especie en cuestión.

También se incluyen partes de semillas que constituyan más de la mitad del tamaño original (ISTA, 1976). Semillas de Leguminosae y Coniferae que han perdido la testa, pertenecen al grupo de materia inerte.

La materia inerte comprende cosas parecidas a semillas, por ejemplo alas rotas y sueltas de semillas de coníferas.

Los elementos extraños incluyen arena, piedras, hojas, corteza y cualquier otro elemento que no sea semilla.

Se pesa la muestra entera incluyendo todas las impurezas, después de lo cual se separa la semilla pura y se pesa por separado.

El cálculo del porcentaje de pureza se expresa en la siguiente forma:

$$\text{Pureza (\%)} = \frac{\text{Peso de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

El trabajo de dividir el lote que se analiza, en las citadas fracciones tiene que efectuarse en gran medida como trabajo manual utilizando lupa, estereomicroscopio, etc. Sin embargo, hoy día se cuenta con varios aparatos y métodos desarrollados para reducir hasta cierto punto el trabajo manual. En primer lugar existe la sopladora de semillas, mediante la cual es posible dividir el lote en una fracción pesada y otra ligera. Entre los demás métodos destacan: separación por densidad (Stermer, 1964), utilización de una mesa vibratoria (Guldager, 1973), y técnica de los rayos X (Kamra, 1965).

La fracción de semilla pura muchas veces se utiliza para los análisis de germinación, y por consiguiente, es de importancia en relación con una evaluación del potencial productivo de un lote de semillas dado que se estudien los análisis de pureza y de germinación en conjunto.

Ensayos de la Viabilidad

Es difícil dar una definición de la viabilidad lo suficientemente amplia para servir en cualquier condición. Para la mayoría de los fines se considera viable a una semilla que germine en condiciones favorables, siempre que se haya eliminado un eventual reposo vegetativo (Roberts,1972).

A continuación se detallan métodos que determinan la capacidad germinativa y métodos que miden indirectamente la viabilidad de la semilla.

Análisis de Germinación

El objeto fundamental de todo análisis de germinación en el laboratorio consiste en estimar el número máximo de semillas que germinen en condiciones óptimas.

La germinación se expresa como el porcentaje de semilla pura que produce plantas normales o como el número de semillas que germinan por unidad de peso del lote de semillas. Es conveniente que los análisis de germinación se efectúen de acuerdo a las normas ISTA.

Preparación de la Muestra para el Análisis de Germinación:

Todos los análisis de germinación deben efectuarse en semilla pura.

La semilla debe mezclarse y contarse detenidamente, y los análisis deben efectuarse con repeticiones. Para más información sobre detalles relativos a la preparación y utilización de equipo de laboratorio, ver Turnbull (1975).

Equipo de Germinación:

La elección de equipo de germinación dependerá tanto de la cantidad de semillas como de su tipo, y a continuación se mencionan en forma sucinta los tipos más importantes recomendados por ISTA:

1º Aparatos Jacobsen y Rodewald. En estos tipos las semillas se colocan directamente sobre un baño María o arena húmeda. El substrato se mantiene húmedo mediante tiras de papel que van del substrato al agua o colocando cajas porosas para la semilla directamente sobre la arena húmeda o sobre el agua. La temperatura del recipiente se controla automáticamente.

2º Estufa de germinación. Este aparato permite la colocación por capas de las cajas para la semilla, por lo que requiere menos espacio. Además, hasta cierto punto, permite el control de la humedad, temperatura y luz.

3º Cámara de germinación. Si se efectúa gran cantidad de análisis, se pueden utilizar cámaras enteras con equipo adecuado para controler temperatura, humedad y luz.

Condiciones de Germinación:

Las condiciones óptimas de los diferentes estadios de germinación no son idénticas y muy a menudo pueden variar en las distintas semillas dentro de un mismo lote de semillas. En consecuencia, gran parte de las investigaciones de semillas ha tenido por objeto determinar una combinación de condiciones que proporcionen la germinación más homogénea , rápida y completa en la mayoría de las muestras de una misma especie.

Turnbull (1975) comenta en detalle las condiciones siguientes que deben tenerse en cuenta en los análisis de germinación:

1º Substrato de germinación,
2º Humedad y ventilación,
3º Control de la temperatura,
4º Luz,
5º Distancia entre las semillas y
6º Control de hongos.

Reposo :

Las semillas de la mayoría de las especies de árboles germinan en el momento de ser expuestas a condiciones favorables de humedad y temperatura. Sin embargo, semillas de ciertas especies, incluso en condiciones favorables, no llegan a germinar hasta que hayan sufrido un cambio físico o fisiológico. Tal estado se denomina reposo. El estado de reposo puede ser transitorio, y muchas especies presentan reposo solamente durante los primeros 6 meses siguientes a la recolección.

Turnbull (1975) señala los siguientes tipos de reposo:

1º Reposo embrionario. Por reposo embrionario se entiende la situación en que la germinación de la semilla totalmente desarrollada parece estar bloqueada por factores internos.

2º Reposo de la testa. Semillas de muchas especies no germinan porque tienen una testa gruesa.

3º Reposo inducido o secundario. Unas pocas especies pueden entrar en estado de reposo debido a almacenaje o manejo incorrecto, y este tipo de reposo se denomina reposo secundario.

4º Embrión no maduro. Los casos en que el embrión no está totalmente desarrollado cuando el fruto está maduro, requieren un período de postmaduración antes de poder germinar la semilla.

5º Resistencia mecánica de la testa. En ciertos casos se exige gran fuerza para romper la testa. Como ejemplos podemos citar ciertas especies de Prunus y Tectona grandis. Como en el caso de reposo de testa se puede recurrir a escarificación para romper la testa.

6º Reposo doble. Semillas de algunas especies presentan dos tipos de reposo que tienen que eliminarse antes de que germinen. La combinación más corriente es reposo embrionario y de testa.

Evaluación de las Plantas:

Se dice que una semilla ha germinado cuando se ha desarrollado en una planta normal. Varios grupos de plantas anormales (ver más detalles en ISTA, 1976) no se incluyen en los ensayos de germinación porque muchas veces no sobreviven. Aún sin incluir dichas plantas, los ensayos de germinación normalmente darán una estimación demasiado alta de la viabilidad en condiciones de campo debido a las condiciones óptimas de germinación.

Ensayos Indirectos de la Viabilidad

Los ensayos de viabilidad rápidos tienen por objeto (Turnbull,1975):

1º Determinar rápidamente la viabilidad de especies que normalmente germinan lentamente y presentan reposo en los métodos normales de germinación,

2º Determinar la viabilidad de lotes que al final del ensayo de germinación presentan un alto porcentaje de semillas frescas no germinadas o duras.

A continuación se detallan 4 métodos diferentes que pueden ser utilizados.

1º Análisis de corte: Abriendo la semilla se puede estudiar directamente si el endosperma y el embrión tienen color normal y si están desarrollados normalmente. El método no es muy preciso y muchas veces da una estimación demasiado alta de la capacidad germinativa.

2º Ensayos de tetrazolium: Mediante este método las células vivas se tiñen de un color rojo por reducción de la sal incolora tetrazolium. El procedimiento ha sido descrito en detalle por ISTA (1976).

Justice (1972) señala que la utilización del método en la práctica se limita por una serie de problemas tales como las dificultades que plantea el teñido de ciertas semillas; algunas semillas deben abrirse para que se vea el color. En algunos casos es poca la concordancia con los ensayos de germinación y es difícil la interpretación de los matices diferentes.

3º Ensayos de embriones extraídos: Embriones extraídos se colocan en papel filtro húmedo en cajas de Petri. En pocos días es posible distinguir entre los embriones vivos y los no vivos.

4º Técnica de los rayos X: El método permite la averiguación de semillas vacías, daños mecánicos, desarrollo anormal de la estructura interna de la semilla, grosor de la testa y evaluación de viabilidad utilizando una técnica de teñido o sustancias de contraste.

Resultados de Ensayos de Viabilidad y su Utilización

Los resultados de los ensayos de viabilidad pueden expresarse en las maneras siguientes (Turnbull, 1975):

1º Porcentaje de germinación. Es el porcentaje actual de semillas germinadas del lote hasta el final del ensayo.

2º Capacidad germinativa. Es la suma del porcentaje de semillas germinadas y las restantes semillas sanas no germinadas.

3º Energía de germinación. Indica el porcentaje germinado dentro de un plazo dado, por ejemplo el 70% dentro de 7 días, el 90% dentro de 14 días, etc.

4º Número de semillas vivas por unidad de peso. Esta indicación puede ser útil a las personas que van a utilizar la semilla.

Análisis del Contenido de Humedad

Como queda mencionado anteriormente, la determinación del contenido de humedad es muy importante en relación con el almacenaje.

ISTA recomienda los 3 métodos siguientes para determinar el contenido de humedad (ISTA, 1976):

1º Método de desecación en estufa a 130°C. Debido a la alta temperatura este método, sin embargo, no puede utilizarse para semillas forestales.

2º Método de desecación en estufa a 105°C.

3º Método de destilación con tolueno. Este método debe utilizarse para determinar el contenido de humedad en semillas que contienen aceites volátiles, por ejemplo Abies spp.

Además de los citados métodos existe una serie de medidores automáticos del contenido de humedad. No son lo suficientemente precisos para ensayos oficiales, pero pueden facilitar información rápida y bastante segura del contenido de humedad de semillas.

Determinación del Peso de Semillas

La determinación del peso de 1.000 semillas ha sido descrita por ISTA (1976).

Ensayos del Estado Sanitario

Los ensayos del estado sanitario se efectúan con la finalidad de determinar la presencia de microorganismos o enfermedades en semillas. Estos ensayos son importantes por 3 razones:

1ª Las semillas portadoras de agentes patógenos pueden propiciar brotes de plagas en el bosque, reduciendo así el valor comercial de los árboles.

2ª A través de lotes de semillas enfermedades pueden llegar a nuevas regiones. Con miras a las cuarentenas este aspecto puede exigir nuevos estudios y certificación en relación con las normas del comercio internacional.

3ª Los ensayos del estado sanitario facilitan mejores conocimientos de las causas de plantitas de semilla anormales y pueden constituir un suplemento a los análisis de germinación.

Las normas ISTA proporcionan unas reglas generales de ensayos del estado sanitario.

Equipo de Ensayos de Semillas

Tanto el equipo de ensayos de semillas como la utilización del mismo están descritos por ISTA (1976).

CERTIFICACION DE SEMILLAS FORESTALES

El objeto de la certificación de semillas y plantas forestales es el de conservar y hacer disponibles a forestales en ejercicio fuentes de semillas, plantas y otro material de reproducción de procedencias y cultivares superiores que han sido cultivados y distribuidos, asegurando así la identidad genética y calidad superior de las semillas y plantas (Matthews, 1964).

Programas de Certificación

Barber (1969) ha sintetizado los problemas relativos al control de la identidad genética en la manera siguiente:

Es necesario efectuar un control exacto de la identidad genética del material reproductivo para conseguir buenos resultados en la mejora genética de árboles y en los programas forestales. Debemos aspirar a utilizar tan sólo material reproductivo cuya identidad genética sea conocida. Sin embargo, la precisión con que identificamos el material, variará en función de las especies, localidad y utilización final.

El experto especialicado en la mejora genética de árboles forestales debe tener un conocimiento completo de la fuente del plasma de semillas con que trabaja. Es de una importancia especial que se mantenga la identidad de cada árbol para que el investigador considere los riesgos de cualquier carácter adverso proveniente de la unión de individuos emparentados. A medida que la progenie se produce y crece, el investigador debe poder recurrir al registro genealógico de cada individuo para localizar los padres contribuyentes de ciertas características, deseables o no, y debe estar en condiciones de duplicar todos sus cruzamientos según lo necesite. Está obligado a catalogizar su material e identificar con exactitud todo el material intercambiado o aprobado para ser utilizado.

El forestal debe saber qué fuente o estirpe reúne mejor sus necesidades y para lograr resultados óptimos debe conocer la fuente exacta del material usado para el establecimiento de plantaciones y para la regeneración de rodales, ya que los conocimientos de la identidad genética del material usado son necesarios para planear espaciamiento y cultivo apropiados. Como por ejemplo la utilización de una estirpe resistente a enfermedades resultará en menos mortalidad y menor número de defectos, el forestal puede usar espaciamiento más amplio o efectuar un aclareo más frecuente. Informes de interacción genotípica importante del medio ambiente indica que los mejoradores pueden desarrollar cultívares que reaccionen favorablemente a diferencias de calidad del sitio y cultivo. Si no se dispone de semillas o plantitas de semillas de la fuente apropiada, puede ser conveniente, desde el punto de vista económico, postergar la plantación por un año o más.

Para que un programa de certificación funcione de modo satisfactorio, debe haber un mecanismo a través del cual todas las partes interesadas puedan participar en la formación de un procedimiento funcional. La certificación debe ser apoyada por la legislación.

Varios países utilizan programas de certificación (Matthews, 1964). Algunos programas, tales como el norteamericano, son regionales.

Un programa internacional dentro de la OCDE fue establecido en 1967. En 1974 se elaboraron unas reglas modificadas (OCDE, 1974).

El programa de la OCDE está basado en la participación voluntaria de los países miembros, pero también otros países miembros de la OTAN pueden participar.

Realización de Programas de Certificación

Un programa amplio debe comprender los elementos siguientes:

Planificación

1º Preparación de mapas con indicación de la distribución de especies importantes.
2º Delimitación de regiones de procedencia de dichas especies.
3º Delimitación de regiones importantes de forestación y repoblación forestal.
4º Estimación de la oferta y demanda de semillas y plantas.

Ejecución

5º Organización y administración.
6º Clasificación y aprobación de las fuentes.
7º Recomendaciones para la elección de procedencias y transferencia del material reproductivo.
8º Producción y medidas de control.
9º Registro de datos y documentación.
10º Venta del material reproductivo.

Ref. puntos 1-4. Estos puntos son importantes para la evaluación de la necesidad de establecer un programa de certificación. Una estimación de la cantidad de semillas y plantas necesarias debe procurarse y compararse con las fuentes disponibles, tanto del sitio como de otras partes.

Ref. punto 5. Este punto incluye la designación de varios grupos de autoridades responsables tales como 1º una autoridad o comité administrativo responsable,
2º un grupo de asesoría,
3º un grupo de trabajo para la aprobación de fuentes,
4º inspectores.

Ref. punto 6. Este punto es un tópico fundamental en relación con el programa de certificación y ha sido tratado en detalle por Barner (1973). Podemos hacer la siguiente clasificación principal de las fuentes:

1ª Regiones de procedencia
2ª Rodales
3ª Regiones de producción de semillas
4ª Arboles individuales
5ª Huertos semilleros

La aprobación de las fuentes de acuerdo con ciertos requisitos mínimos debe efectuarse por el citado grupo de trabajo para la aprobación de fuentes.

Hay que elaborar una lista nacional de las fuentes. La lista debe incluir los datos más importantes, tales como denominación latina, identificación, localización, origen, condiciones ecológicas y resultados de ensayos. Una definición de las clases e instrucciones para la recolección de información han sido facilitadas por Barner (1975). No es necesario que la lista nacional comprenda todos los citados tipos de fuente, pero debe ser posible extender el programa para abarcar más tarde todos los tipos.

Ref. punto 7. Un desarrollo ulterior de la aprobación de fuentes son las recomendaciones de las mismas para su utilización general o específica. Las fuentes muchas veces han sido aprobadas a base de la aparición fenotípica de los árboles de semillas o a base de ensayos muy limitados de la progenie. Recomendaciones deben estar basadas en ensayos, pero como éstos tardan mucho y como hay que producir semillas, es necesario utilizar las fuentes de semillas todavía no ensayadas. En los programas de certificación, en consecuencia, se distingue entre material ensayado y material sin ensayar dentro de cada clase de las fuentas aprobadas. El establecimiento y desarrollo de un programa de certificación debe tener lugar en colaboración íntima con la investigación forestal y especialmente con la mejora genética de árboles forestales.

Ref. punto 8. Como ejemplo de reglas relativas a la producción y medidas de control Barner (1975) señala las normas y requisitos mínimos del programa de la OCDE relativos al material de las fuentes aprobadas. Las normas establecen cómo efectuar la inspección en el bosque, la plantación y el vivero y cómo hay que marcar y empaquetar.

Ref. punto 9. El registro de datos y documentación son elementos naturales integrantes de los procedimientos de control. Cada lote de semillas por ejemplo debe ir acompañado de unos datos estándar con indicación detallada de identificación, recolección, extracción de semillas, almacenaje y calidad.

Ref. punto 10. Una vez efectuadas todas las operaciones de acuerdo al programa, se puede otorgar un certificado al que se refiere vendiendo material de la fuente en cuestión.

BIBLIOGRAFIA

Barber, J. 1969 — Control of Genetic Identity of Forest Reproductive Material. Second World Consult. on For. Tree Breeding, Washington, D.C. Vol. 2, 11/3.

Barner, H. 1973 — Classification of Sources for Procurement of Forest Reproductive Material. FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement, Limuru, Kenya.

Barner, H. 1975 — The Storage of Tree Seed, FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling, Chiang Mai, Thailand, FAO 1975.

Barton, L.V. 1961 — Seed Preservation and Longevity. Leonard Hill, London.

Bonner, F.T. 1978 — Storage of Hardwood Seeds, Forest Genetic Recources Information no. 7, Forestry Occasional paper 1978/1, FAO, Rome.

Christensen, C.M. 1972 — Microflora and seed deterioration. In: Viability of seeds by E.H. Roberts. Syracuse University Press.

Ezumah, B.S. 1976 — Seed Handling and Storage, Savanna Afforestation in Africa, Kaduna, Nigeria, FAO 1976.

F.A.O. 1955 — Handling forest tree seed. F.A.O. Rome, Italy.

Filho, W.S. & Lisbao, L. 1973 — Influence of the relative humidity on the characteristics of the seeds of Eucalyptus saligna. IUFRO Internat. Symposium on Seed Processing, Bergen, Norway 1973. Publ. The Royal College of Forestry, Stockholm.

Frankel, O.H. 197o — Genetic Conservation in Perspective, Genetic Resources in Plants - their Exploration and Conservation, 197o.

Guldager, P. 1973 — Seed problems related to direct sowing in pots, "Seed Processing" Proc. IUFRO Wkg. Group on Seed Problems, Bergen. Vol.II, Paper 12.

Harrington, I.F. 197o — Seed and Pollen Storage for Conservation of Plant Gene Resources, Genetic Resources in Plants - Their Exploration and Conservation, 197o.

Holmes, G.D. & Buszewicz, G. 1958 — The storage of seed of temperate forest tree species. Forestry Abstracts, Leading Article, For. Abs. Vol. 19. Nos. 3 and 4.

ISTA 1976 — International Rules for Seed Testing, Rules 1976, Seed Science & Technology 4.

Jones, LeRoy 1962 — Recommendations for successful storage of tree seed. Tree Planters Notes.For.Service U.S.Dept. of Agric. No. 55.

Justice, O.L. 1972	Essentials of seed testing, "Seed Biology", III, (Ed. T.T. Kozlowski). Academic Press Inc. New York, 3o1-37o.
Kamra, S.K. 1965	The use of X-ray radiography for studying seed quality in grasses. Proc. Int. Seed Test. Ass. 30(3): 519-524.
Kamra, S.K. 1967	Detection of mechanical damage and internal insects in seed by X-ray radiography. Svensk Bot. Tidskr. 61, Stockholm.
Magini, E. 1962	Forest seed handling, equipment and procedures. Unasylva, Vol. 16, FAO, Rome.
Matthews, J.D. 1964	Seed Production and Seed Certification. Unasylva, Vol. 18, (2-3).
Moore, R.P. 1969	History supporting tetrazolium seed testing. Proc. int. Seed Test. Ass. 34.
Moore, R.P. 1972	Effects of mechanical injuries on viability. Viability of seeds by E.H. Roberts. Syracuse University Press.
Murthy, A.V.R.G. 1973	Krishna. Problems of teak seed. 1. Flower and fruit studies. 2. Germination studies. Intern. Symposium on Seed Processing, Vol. II, Bergen 1973. The Royal Coll. of For. Stockholm, Sweden.
OCDE 1974	OECD Scheme for the Control of Forest Reproductive Material Moving in International Trade. OECD, Paris.
Owen, E. Biasutti 1956	The storage of seeds for maintenance of viability. Common- wealth Agri. Bureaux, Bull. No. 43, Farnham, England.
Roberts, E.H. 1972	Viability of seeds. (Ed. E.H. Roberts), Chapman and Hall, London. 448 pp.
Schönborn, A. von. 1964	Die Aufbewarung des Saatgutes der Waldbäume. Bayrischer Landwirtschaftsverlag, Munchen. W.Germany.
Stermer, R.A. 1964	Purity analyses of certain grass seeds by flotation techniques. Proc. Ass. Off. Seed Anal. 54: 73-81.
Turnbull, J.W. 1975	The handling and storage of eucalypt seed. FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling,. Chiang Mai, Thailand, FAO, 1975.
Wakeley, P.C. 1954	Planting the Southern Pines. Forest Service. U.S. Dept. of Agric. Washington D.C.
Wang, B.S,P. 1974	Tree seed storage. Dept. of Environment, Can. For. Service, Pub. No. 1335, Ottawa.
Wang, B.S.P. 1977	Procurement, Handling and Storage of Tree Seed for Genetic Research. Third World Consultation on Forest Tree Breeding, Canberra, Australia 1977.

DISEÑOS EXPERIMENTALES

Bjerne Ditlevsen
Servicio Nacional Forestal, Dinamarca

INDICE

Introducción

Requisitos de un buen experimento

- Ningunos errores sistemáticos
- Precisión
- Campo de aplicación
- Simplicidad
- Cálculo de incertidumbre

Principios relativos a diseños experimentales

- Hipótesis nula
- Objetivo del ensayo
- Errores experimentales
  - Repeticiones
  - Aleatorización
  - Control local
- Consideraciones de índole práctico

Ejemplos de diseños

- Aleatorización completa
- Diseño de bloques al azar
- Diseño de cuadro latino
- Diseño de bloques incompletos
- Diseño de parcelas subdivididas

Bibliografía

INTRODUCCION

Los principios que rigen para los diseños experimentales pueden expresarse de la manera siguiente (Brown et. al., 1977)

1. Observación de un fenómeno.
2. Formulación de una hipótesis sobre el fenómeno.
3. Prueba de la hipótesis.
4. Aplicación de los resultados.

Establecer ensayos resulta una herramienta, cuando se trata de probar la hipótesis establecida, y los requisitos más importantes serán el diseñar y el implementar los ensayos, de manera tal que se puedan sacar conclusiones sanas de los mismos (LeClerg, 1967).

Para la mejora genética de árboles forestales pueden realizarse ensayos que tienen los siguientes objetivos principales:

1. Evaluar el material de mejora genética con respecto a una serie de propiedades deseadas, a base de una hipótesis establecida. En la mayoría de los casos se trata de ensayos de campo, donde el material se prueba bajo condiciones correspondientes a las condiciones de crecimiento (condiciones del habitat) del material mejorado. Sin embargo, también puede tratarse de ensayos de vivero, de invernadero o de laboratorio.

2. Estudiar los parámetros genéticos fundamentales de importancia para la investigación y, con ello, para el desarrollo futuro dentro del campo de la mejora genética de árboles forestales.

3. Hacer análisis de diferentes tratamientos, métodos de mejora genética, etc. Al igual que los estudios referidos bajo el punto 2, tales análisis se hacen en primer lugar en relación con la investigación ulterior dentro de este campo.

Independientemente del objetivo del ensayo debe señalarse que debe diseñarse el mismo, considerando debidamente los diferentes factores prácticos, de manera tal que se obtenga la máxima información.

REQUISITOS DE UN BUEN EXPERIMENTO

Cox (1958) ha establecido los 5 puntos siguientes a considerar al planearse un ensayo.

Ningunos errores sistemáticos

Esto significa que las unidades experimentales que contienen un material determinado, por ejemplo una procedencia determinada, no desvían de ninguna manera sistemática de las demás procedencias del ensayo.

Precisión

Si no ocurren ningunos errores sistemáticos, la magnitud verosímil del error aleatorio que ocurra en el estimado del efecto del tratamiento (material), generalmente puede medirse mediante el error estándar. El error estándar (SE) se calcula como sigue:

$$S = \frac{\sqrt{\Sigma (X-\bar{X})^2}}{\sqrt{n-1}} \quad ; \quad SE \quad \sqrt{n}$$

S = desviaciones estándar
X = la observación individual
$\bar{X}$ = la media estimada de los valores de X
n = número de observaciones.

La precisión de un ensayo dependerá de los factores siguientes:

a. La variabilidad real del material experimental y la exactitud con que se ha hecho el trabajo experimental.

b. El número de unidades experimentales (y el número de observaciones repetidas por unidad).

c. Diseño experimental (y el método de análisis, si el mismo no es completamente eficaz).

El requisito general de precisión es que el error estándar debe ser lo suficientemente pequeño para permitir que saquemos conclusiones convincentes, pero por otro lado, no debe ser demasiado pequeño. Si el error estándar es grande, el ensayo será casi sin valor, mientras que un error estándar innecesariamente bajo implicará una pérdida de material experimental.

Campo de aplicación

Estimando la diferencia entre dos materiales en un ensayo conseguiremos conclusiones que se refieren al juego de unidades especial empleado en el ensayo y a las condiciones que rigen en el ensayo. Si deseamos aplicar los resultados obtenidos del ensayo a otras condiciones o unidades, se añade una incertidumbre adicional además de la incertidumbre que puede medirse por medio del error estándar. Al probarse el material experimental es importante que el material se pruebe bajo condiciones que no desvíen de manera esencial de las localidades donde se piensa emplear el material más tarde.

Simplicidad

Este es un factor muy importante que siempre debe considerarse al planearse un ensayo. Por simplicidad no sólo se entiende un diseño sencillo, sino que también es deseable tener métodos de análisis sencillos. Afortunadamente, en la mayoría de los casos, la eficacia en lo que se refiere al diseño es seguida por simplicidad con respecto a los métodos de análisis.

Cálculo de incertidumbre

Es deseable poder calcular la incertidumbre de los estimados de las diferencias existentes entre los materiales. Con ello se entiende normalmente una estimación del error estándar para estas diferencias, a base del cual se calculan los límites de error (límites de confianza) para las diferencias verdaderas a un nivel de probabilidad dado, y a base del cual puede medirse la significación estadística de la diferencia entre dos materiales.

El error estándar de la diferencia se calcula como sigue:

$$SE = \sqrt{2} \cdot S \left(\frac{1}{\sqrt{n_1}} + \frac{1}{\sqrt{n_2}}\right)$$

n_1 y n_2 = número de observaciones que forman la base de los dos estimados de las medias.

Los límites de confianza para la diferencia verdadera pueden calcularse como sigue:

$$D = (d_1 - d_2) \pm t \cdot S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$

$\bar{X}_1$ y $\bar{X}_2$ = las dos medias estimadas calculadas

t = valor de t de Student a un nivel de probabilidad dado

n_1 y n_2 = número de observaciones que forman la base de $\bar{X}_1$ y $\bar{X}_2$.

PRINCIPIOS RELATIVOS A DISENOS EXPERIMENTALES

A continuación se citarán una serie de factores fundamentales y generales relativos a diseños experimentales.

Hipótesis nula

Como queda mencionado en la introducción, el objetivo de los ensayos es el probar una hipótesis establecida sobre diferencias existentes entre materiales o tratamientos. Generalmente, se establece una llamada hipótesis nula que dice que las diferencias que haya sólo pueden atribuirse a contingencias. Esta hipótesis nula se emplea combinada con una prueba de significación como una alternativa para la hipótesis establecida que se estudia.

El concepto de hipótesis nula es muy importante en relación con diseños experimentales. Al establecerse el ensayo, conocemos varios factores que producen diferencias entre las unidades del ensayo, pero siempre restarán diferencias que no pueden atribuirse a factores determinados. Para poder emplear la hipótesis nula como una hipótesis alternativa, es importante que se hallen distribuidas al azar estas causas de variación que no pueden atribuirse a factores determinados.

Objetivo del ensayo

Al establecerse un ensayo es importante definir el objetivo que está formulado para el ensayo. Por ejemplo, el objetivo puede ser el estudiar una serie de partidas de semilla para una subsiguiente selección de las partidas mejores para una mejora genética ulterior. En muchas situaciones se trata de ensayos multifactoriales, y en tales situaciones es esencial para la elección de un diseño el que el objetivo esté formulado. Por ejemplo, será deseable saber si el objetivo es el estudio de uno o varios de los factores principales del ensayo, o si se interesa en mayor grado por una estimación de una interacción determinada.

Además es importante formular el campo de validez a que se aplicarán los resultados.

Errores experimentales

Los errores experimentales fueron descritos por Fischer (1951) como la falta de ganancias homogénias en parcelas que, por lo demás, habían recibido un tratamiento igual. Los errores experimentales que ocurran en ensayos de vivero y de campo, en primer lugar son causados por diferencias existentes en las condiciones del suelo, y antes se trataba de reducir este error estableciendo ensayos en condiciones de suelo homogéneas y aplicando una técnica experimental mejorada. Sin embargo, no se podrá eliminar completamente el error experimental, ni siquiera bajo condiciones aparentemente iguales, y en su lugar se trata de medir el error teniendo así la posibilidad de estimar la incertidumbre que afecte las concluciones que se sacan del material de datos. Esta posibilidad forma la base para elegir un diseño experimental en una situación dada, y un experimento bueno se describe por LeClerg (1967) como un experimento que estima la magnitud del error experimental no controlado.

(Fischer, 1931) har formulado los siguientes 3 principios decisivos para que se pueda obtener precisión de datos,principios que, con ello, forman la base del diseño experimental a establecer y del análisis estadístico subsiguiente:

Repeticiones. Generalmente, existen dos posibilidades para reducir el error del estimado de un efecto. Una consiste en un mejoramiento de la técnica experimental, por ejemplo empleando instrumentos de medición de mayor precisión y empleando mayor cuidado en la recolección de datos, etc.

La otra posibilidad y, en muchos casos, la única practicable, es repetir el ensayo un número de veces y usar la media de los resultados obtenidos. Desgraciadamente, el método no. 2 no es muy eficaz, ya que el error de la media sólo se reduce por el cuadrado del número de repeticiones. Así, la media de 4 repeticiones sólo reducirá el error a la mitad ($\sqrt{4}$) del error de la repetición individual. Además de reducir el error del estimado, las repeticiones permiten una estimación de la incertidumbre de los resultados experimentales, e.g. calculándose intervalos de confianza. Mediciones repetidas en una misma parcela no se consideran como repeticiones, sino que sólo pueden considerarse como submuestras, y la variación que exista entre las mismas consiste en el error de muestreo.

Aleatorización. En cualquier diseño experimental es de mayor importancia, según Fischer (1926), que las diferentes unidades del experimento sean aleatorizadas. Fischer (1926) lo expresa como sigue: "La estimación del error experimental obtenido por medio de repeticiones, depende de diferencias existentes entre parcelas de tratamiento igual. Un estimado del error experimental sólo será válido para su propósito si, en la disposición de las parcelas, nos aseguramos de que pares de parcelas que han recibido un tratamiento igual, no están más cerca ni más lejos, ni de ninguna otra manera conexa desvían de parcelas que han recibido tratamientos distintos."

En la mayoría de los casos, la aleatorización se efectúa como una aleatorización con respecto al área experimental, pero también puede efectuarse como una aleatorización con respecto al tiempo.

En la práctica, la aleatorización puede realizarse de varias maneras diferentes. En ensayos de envergadura reducida, puede realizarse por ejemplo por una numeración consecutiva de tarjetas que se mezclan y se sorten. Dependiente del diseño en cuestión, la aleatorización puede realizarse para el ensayo completo o se puede realizar separadamente dentro de renglones, columnas, etc. individuales. Esto se describe con más detalle para los diseños individuales. Si se trata de ensayos de mayor envergadura, se deben emplear e.g. tablas de aleatorización o, en los casos en que se dispone de un computador, pueden emplearse programas estándar de aleatorización.

Control local. Por control local se entenderán ciertas restricciones de la distribución aleatoria de tratamientos o materiales en un ensayo repetido, pudiéndose eliminar la parte de la variación total que no sea aplicable a las comparaciones de tratamientos o materiales. El control local comprende

la disposición de bloques y parcelas en el ensayo. Disponiéndose los bloques de una manera tal que se minimice la variación de e.g. las condiciones del suelo dentro de los bloques, mientras que pueda encontrarse una variación considerable entre los bloques, se conseguirá un mejoramiento importante de la precisión del ensayo, ya que la variación entre bloques puede calcularse y eliminarse al hacerse el análisis de datos.

El tamaño y la forma de las parcelas, el espaciamiento de las plantas, etc., a menudo pueden variar de un lugar a otro, dependientes tanto del área experimental,del objetivo del ensayo, del volumen y de la calidad del material, como de otros factores a menudo de carácter práctico. En lo que se refiere al tamaño y forma de parcela, existe una serie de investigaciones para la ilustración del tamaño y la forma óptimos (Johnstone y Samuel, 1974). No parece posible dar ningunas normas generales para la configuración de las parcelas, pero los puntos siguientes son importantes al elegirse tanto el tamaño como la forma:

1) Un aumento del tamaño de las parcelas dará un estimado más seguro de la media de parcela. Por otro lado, un aumento de las parcelas conducirá a un aumento correspondiente del tamaño de los bloques y, con ello, de la variación dentro del bloque individual. Una variación mayor dentro de los bloques reducirá las posibilidades para revelar diferencias entre las parcelas, si las hay. De esta manera, Wright y Freeland (1959, 1960) observaron que una reducción del tamaño de las parcelas hasta parcelas de un solo árbol condujo a una eficacia mayor con respecto a pruebas de altura y diámetro de pinos.

2) Para los ensayos de e.g. diferentes fertilizantes es necesario emplear parcelas bastante grandes, frecuentemente cercadas por hileras de tope para evitar la influencia de las parcelas lindantes. Lo mismo se aplica a ensayos en los que, con el tiempo, puede ocurrir competencia entre árboles de parcelas lindantes una con la otra.

3) En cuanto a la forma de las parcelas, en la mayoría de los casos será más ventajoso elegir parcelas cuadradas, logrando con ello el perímetro más reducido y, por consiguiente, la mínima influencia de parcelas lindantes. En condiciones de variaciones sistemáticas importantes de la localidad, por ejemplo una pendiente, sin embargo, puede ser más ventajoso usar parcelas oblongas dispuestas de manera tal que dicha variación se absorba dentro de las parcelas.

Como queda mencionado en lo anterior, la precisión de un ensayo puede mejorarse sobre todo aumentándose el número de repeticiones. Por otro lado, un aumento inútil de la precisión mediante gran número de repeticiones, conducirá a una pérdida de recursos en la forma de plantas y mano de obra. Por eso, es importante tratar de estimar, al establecerse el ensayo, el número de repeticiones necesario y suficiente a aplicarse para dar la precisión deseada.

Si se desea e.g. que una diferencia de materiales del 10 % se muestre significativa a un nivel de significación del e.g. 5 %, el número de repeticiones necesarias puede calcularse por medio de la siguiente fórmula:

$$LSD = \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$$

LSD = diferencia real de D
t = t de Student al nivel de significación deseado (5 %) y con el mismo número de grados de libertad como el error experimental (S)
S = error experimental
n = número de repeticiones

Si se conoce la magnitud aproximada del error experimental, o de ensayos anteriores iguales, o a base de un conocimiento general de las condiciones, la ecuación puede resolverse con respecto a n, como sigue:

$$n = \frac{t^2 \cdot 2 \cdot S^2}{LSD^2}$$

Consideraciones de índole práctico

Además de las consideraciones de índole teórico relacionadas con un ensayo, a menudo existen limitaciones en la forma de problemas prácticos para el establecimiento del ensayo.

En primer lugar, el área disponible puede llevar a una serie de limitaciones, a su vez conduciendo a que el planeador tenga que omitir algunos bloques, repeticiones o tratamientos, o a que tenga que emplearse un diseño diferente y a menudo menos eficaz. La opción por una u otra posibilidad dependerá de factores relacionados tanto con el material experimental como con la localidad. Si, por ejemplo, hay una variación muy reducida de las condiciones del suelo, será natural reducir el número de repeticiones. Otra posibilidad es el reducir el número de tratamientos o materiales, si se sabe de antemano que algunos de ellos son homogéneos y quizá podrán tratarse en conjunto en los análisis.

En segundo lugar, pueden ocurrir problemas al establecerse el ensayo varias localidades diferentes. Si se quiere aplicar los resultados a un campo de aplicación más grande, será necesario establecer los ensayos en un número de localidades representativas del campo entero.

Además de estos factores, debe incluirse en las consideraciones relacionadas con el establecimiento de ensayos, la probabilidad de que algunas partes del ensayo puedan dañarse o destruirse. Si, por ejemplo, existe el peligro de que puedan ocurrir daños, es importante elegir un diseño relativamente robusto, que pueda facilitar informaciones de alto valor, aun en el caso de valores faltantes.

Análogamente es importante que tanto el diseño como los métodos de análisis sean relativamente sencillos de establecer y analizar en los casos en que las personas que realizarán el trabajo experimental, no tienen un conocimiento profundo de los métodos más complicados.

DISENOS

Andando el tiempo, se han desarrollado varios modelos experimentales diferentes, algunos basados en el principio de la distribución al azar, otros en el de la distribución automática de los tratamientos o los materiales en las parcelas. A continuación se explicarán una serie de modelos que llenan en alto grado los requisitos de un buen experimento que quedan formulados en la sección que antecede. (Jeffers, 1960, Pearce, 1975).

Aleatorización completa

En este diseño no se hace ninguna agrupación de las unidades experimentales, y los diferentes tratamientos se hallan asignados a las parcelas individuales completamente al azar.

El método es muy sencillo y flexible y puede emplearse con ventaja bajo las condiciones siguientes: (Cox, 1958).

1. en ensayos muy reducidos donde es de importancia tener el máximo número de grados de libertad en la estimación del error. En un ensayo que contiene N parcelas y a tratamientos, se tienen N-a grados de libertad, mientras que en un ensayo con una distribución igual de bloques, habrá N-a-b+1, donde b es igual al número de bloques en el ensayo,

2. en ensayos donde, a lo que parece, no hay ningún motivo inmediato para establecer un diseño de bloques. Este puede ser el caso por ejemplo en pruebas de laboratorio en que las condiciones del medio ambiente están controladas y uniformes,

3. en ensayos donde un aumento de la precisión sólo puede conseguirse utilizándose una covariable.

Un ejemplo de un diseño de aleatorización completa está ilustrado en la figura 1.

A	B	C	C	A	B
C	B	A	B	C	A
B	A	C	B	A	C

18

Fig. 1. Diseño de aleatorización completa con 3 tratamientos (A,B,C), cada uno repetido 6 veces.

Diseño de bloques al azar

En los casos en que debe esperarse que haya alguna forma de variación de las condiciones ambientales, la aleatorización completa no será muy practicable, ya que la variación entre parcelas de tratamiento igual, y con ello el error experimental, resultarán grandes y la precisión considerablemente reducida.

Bajo tales condiciones, las más de las veces se hace una agrupación de las parcelas en bloques, de manera tal que cada bloque contenga todos los

tratamientos diferentes una vez. Mediante este diseño se logra que la variación entre bloques pueda eliminarse por medio del análisis estadístico, reduciéndose el error experimental y aumentándose la precisión del ensayo. Los diseños de bloques al azar son sencillos de establecer,y la figura 2 muestra un ejemplo de un ensayo que comprende 4 tratamientos y 4 bloques. La distribución de los tratamientos dentro de cada bloque individual debe ser aleatoria.

Bloque 1	A	B	D	C
- 2	C	B	A	D
- 3	B	A	C	D
- 4	D	C	A	B

2. Diseño de bloques al azar con 4 tratamientos (A,B,C,D) y 4 bloques.

Como queda mencionado con referencia al control local, los bloques deben disponerse de manera tal que se absorba una máxima variación entre bloques, mientras que se procure mantener la variación dentro de bloques a un nivel tan bajo como sea posible. En la figura 3 quedan mostrados ejemplos de una disposición buena de bloques bajo las condiciones siguientes:

1. Estableciéndose en un área en que existe una variación sistemática del medio ambiente, como e.g. en un terreno desnivelado, en un laboratorio cerca de una ventana, etc.

2. Estableciéndose en un área de condiciones de suelo de variación fuerte, las parcelas deben juntarse, independientes de su disposición física, en bloques dentro de los cuales las condiciones parecen ser uniformes.

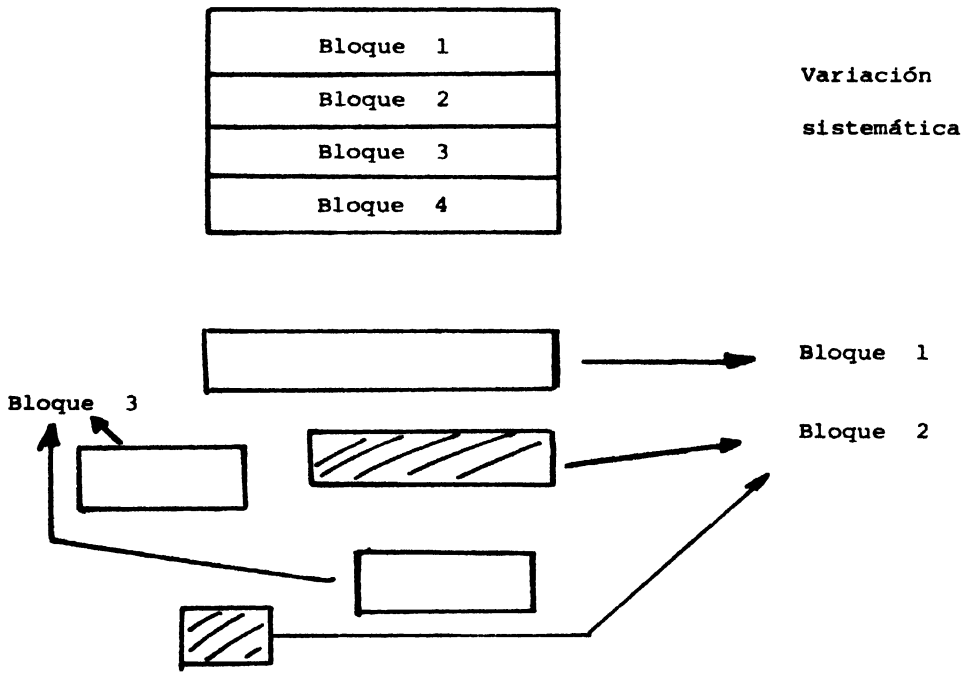


Fig. 3. Disposición de bloques en un diseño de bloques al azar bajo condiciones de 1) variación sistemática de la localidad, y 2) condiciones de variación fuerte en la localidad.

El diseño de bloques al azar es sencillo de establecer y el análisis e interpretación del ensayo es simple de realizar. Al mismo tiempo, este tipo de ensayo es muy robusto, pudiéndose realizar los análisis, en el caso de valores faltantes, sin que surjan problemas muy grandes. (Brown et. al., 1977)

En principio, este diseño puede emplearse para la prueba de un número aleatorio de tratamientos, pero en la práctica surgirán problemas al compás del aumento del tamaño de los bloques junto con el aumento del número de tratamientos. Aumentándose el tamaño de los bloques, la variación dentro de bloques se aumenta también y el objetivo del establecimiento de bloques no podrá lograrse de manera satisfactoria. En tales casos se puede optar por la utilización de un diseño incompleto (véase más adelante), o se puede optar por una reducción del número de plantas por parcela.

Diseño de cuadro latino.

En este diseño se ha hecho una agrupación doble de las parcelas, dividiéndose el ensayo en renglones y columnas. Un tratamiento determinado se hace una sola vez en cada renglón y columna, como queda ilustrado en la figura 4. De lo cual se desprende que el número de parcelas del ensayo será igual al cuadrado del número de tratamientos.

Este diseño es muy eficaz en los casos en que ocurran variaciones en dos direcciones (e.g. en invernaderos), pero al mismo tiempo existen ciertas restricciones con respecto al número de tratamientos distintos que puedan investigarse, ya que un número de por ejemplo 10 requerirá el establecimiento de 100 parcelas, y un número de 4 y por abajo dará un número demasiado reducido de grados de libertad para permitir una prueba segura de los tratamientos.

En este diseño se ponen ciertas restricciones de las posibilidades para hacer una aleatorización, pero una aleatorización parcial puede usarse, como queda descrito a continuación:

1) Se elige al azar una de los diseños formales mostrados en Fisher y Yates (1957).

2) Las columnas se disponen al azar.

3) Los tratamientos se asignan al azar a las letras A, B, etc. en el plan formal.

Columnas

Renglones

D	B	E	C	A
A	D	C	B	E
B	E	D	A	C
E	C	A	D	B
C	A	B	E	D

Fig. 4. Diseño de cuadro latino con 5 tratamientos (A,B,C,D,E).

Diseño de bloques incompletos

Estos diseños se califican de diseños incompletos, es decir que el número de tratamientos dentro de un bloque es menor que el número total de tratamientos que se están probando.

En diseños de látice los bloques incompletos se hallan agrupados, de manera tal que cada grupo forma una repetición completa, véase la figura 5.

	Rep. X			Rep. Y				Rep. Z			
X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Z1	Z2	Z3	Z4
11	1	8	6	9	8	5	7	12	2	4	7
12	3	9	5	6	11	2	4	6	10	3	1
10	2	7	4	3	1	12	10	8	9	11	5

Fig. 5. Látice rectangular de 3 x 4 con 3 repeticiones (X,Y,Z).

El número de tratamientos de un diseño de látice debe ser igual a un cuadrado (4 x 4 = 16, 5 x 5 = 25, etc.) o debe ser igual a un producto según la fórmula siguiente: k(k+1) (3 x 4 = 12, 4 x 5 = 20, etc.). Estos dos tipos se califican de diseños de látice cuadrado y látice rectangular, respectivamente. En cada caso se disponen k (3,4,5, etc.) parcelas dentro de cada bloque y k (cuadrado) ó (k+1) (rectangular) bloques dentro de cada repetición. Un diseño cuadrado completamente balanceado requerirá k+1 repeticiones.

No es posible establecer diseños completamente balanceados en los casos de k^2 = 36, 100 ó 144, ni tampoco en el caso de diseños rectangulares.

Al establecerse un diseño de látice se hará una aleatorización según las normas siguientes:

1) Utilizar como punto de partida un diseño formal, como queda ilustrado e.g. por Cochran y Cox (1957). Eligir al azar el número de repeticiones que se desean en el ensayo en cuestión.

2) Aleatorizar el orden de sucesión de las repeticiones.

3) Aleatorizar el orden de sucesión de los bloques incompletos dentro de cada repetición.

4) Aleatorizar las parcelas dentro de cada bloque.

5) Asignar al azar los tratamientos diferentes a los números de tratamiento del plan formal.

Con respecto a la disposición experimental en el campo, existen los mismos requisitos como quedan descritos para los diseños de bloques al azar, o sea que los bloques deben colocarse de manera tal que una variación que existiera en el área experimental, se absorba como una variación entre bloques, mientras que los bloques individuales se hagan tan homogéneos como sea posible.

El diseño de látice es ventajoso, dando por lo menos el mismo grado de precisión como un diseño de bloques al azar, con el mismo número de repeticiones. Sin embargo, los cálculos estadísticos son relativamente complicados de hacer, y especialmente en el caso de valores faltantes puede ser difícil realizar un análisis satisfactorio.

No obstante, se puede señalar en el diseño de látice la gran ventaja de que siempre podrá analizarse e interpretarse como un diseño ordinario de bloques al azar.

Diseño de parcelas subdivididas

Un diseño de parcelas subdivididas es un diseño factorial especial, en el que se encuentran dos grados de repeticiones. Un juego de factores está ligado a las parcelas mayores, mientras que el o los demás juegos de factores están ligados a parcelas dentro de cada una de las parcelas mayores. En otras palabras, las parcelas mayores están subdivididas en un número de subparcelas, véase la figura 6.

Siendo el número de parcelas mayores menor que el de las subparcelas, los factores ligados a las parcelas mayores y las subparcelas, respectivamente, serán probados con diferentes grados de precisión. Por eso, constituye una ventaja utilizar este diseño en las situaciones en que especialmente uno de los juegos de factores es de interés, o en las situaciones en que un tratamiento determinado requerirá un área relativamente grande (por ejemplo en ensayos relativos a fertilizantes).

Las parcelas mayores pueden disponerse por ejemplo en diseños de bloques al azar, diseños de cuadro latino o diseños correspondientes. La asignación de las subparcelas debe hacerse al azar.

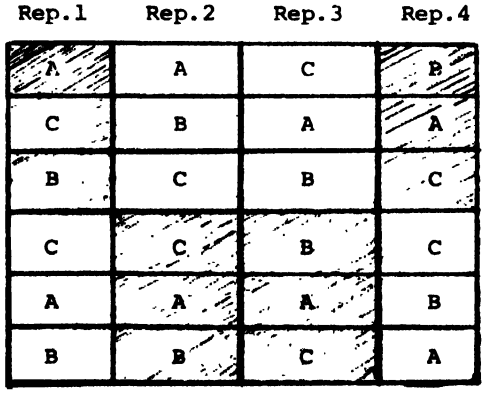


Fig. 6. Diseño de parcelas subdivididas con 2 parcelas mayores dentro de cada repetición (indicadas por rayado o no rayado) y 3 subparcelas dentro de cada parcela mayor.

B I B L I O G R A F I A

Brown, A.G. y Matheson, A.C. 1977 — Statistics: Design of Experiments. International Training Course in Forest Tree Breeding, Canberra, Australia.

Cochran, W.G. y Cox, G.M. 1957 — Experimental Designs. John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A,

Cox, D.R. 1958 — Planning of Experiments. John Wiley & Sons, Inc. New York, U.S.A.

Fischer, R.A. 1926 — The Arrangement of Field Experiments. I. Min. Agr. England 33.

Fischer, R.A. 1931 — **Principles of Plot Experimentation in Relation to the Statistical Interpretation of the Results Rothamsted Conference XIII**

Fischer, R.A. 1951 — **The Design of Experiments, Hafner Publ. Co., New York.**

Fischer, R.A. y Yates, F. 1957 — Statistical Tables for Biological Agricultural and Medical Research, Oliver & Boyd.

Jeffers, I.N.R. 196o — Experimental Design and Analysis in Forest Research. Almquist & Wiksell, Stockholm.

Johnstone, R.G.B. y Samuel, C.J.A. 1974 — Experimental Design for Forest Tree Progency Tests with particular Reference to Plot Size and Shape, Proceedings IUFRO Joint Meeting, Stockholm.

Le Clerg, E.L. 1967 — Significance of Experimental Design in Plant Breeding, Plant Breeding, K.J. Frey (ed), The Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A.

Pearce, S.C. 1975 — Field Experimentation with Fruit Trees and other Perennial Plants, Commonwealth Agricultural Bureaux.

Wright, J.W. y Freeland, F.D. 1959 — Plot Size in Forest Genetics Research, Pap.Mich.Acad.Sci., Arts and Letters 44.

Wright, J.W. y Freeland, F.D. 196o — Plot Size and Experimental Efficiency in Forest Genetics. Research, Mich. State Univ. Agric. Exp.Sta.Techn. Bull. No.28o.

INTERPRETACION ESTADISTICA DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS

Bjerne Ditlevsen

Servicio Nacional Forestal, Dinamarca

INDICE

Introducción

Modelos de efectos fixed y random

Significación estadística

Pruebas

- Prueba de chi cuadrada
- Prueba de "t"
- Prueba de F

Investigaciones preliminares

- Outliers y valores faltantes
- Pruebas de requisitos
  - Pruebas de normalidad
  - Pruebas de homogeneidad de varianza
  - Pruebas de aditividad
- Transformaciones

Tablas de contingencia

Análisis de varianza

- Aleatorización completa
- Diseño de bloques al azar
- Diseño de cuadro latino
- Diseño de bloques incompletos
- Diseño de parcelas subdivididas

Análisis de correlación

Análisis de regresión

Análisis de covarianza

Componentes de la variabilidad

Bibliografía

INTRODUCCION

Ya al establecerse un ensayo es importante definir las respuestas que se desea obtener del ensayo en cuestión, y los métodos de análisis que se piensa aplicar en la estimación de los resultados del ensayo. Así, las posibilidades para sacar conclusiones sanas de un ensayo estarán íntimamente relacionadas con una buena planeación del ensayo. En otras palabras: Un requisito para realizar un buen ensayo será la formulación clara del objetivo del ensayo, la aplicación de un diseño que pueda dar las respuestas deseadas, y el control eficaz del establ cimiento del ensayo.

Por medio de métodos de análisis estadísticos, el mejorador podrá hacer una interpretación estadística del ensayo. A base del conocimiento del diseño experimental del material y de los tratamientos muestreados, además de los resultados estadísticos, en la mayoría de los casos será posible hacer una interpreción estadística ulterior de los resultados.

En lo siguiente, se describirán algunos aspectos generales relacionados con la interpretación estadística mencionándose ejemplos de los métodos estadísticos más corrientes que se pueden emplear . Se mencionará, de forma sumaria, la interpretación genética, tratándose esta cuestión más detenidamente en una conferencia posterior.

MODELOS DE EFECTOS FIXED Y RANDOM

Para la realización de análisis de ensayos es essencial definir el modelo estadístico de que se trata. Se distingue entre modelos llamados de efecto random y modelos llamados de efecto fixed. En un modelo de efecto random, los tratamientos (los materiales) se consideran como una parte (muestra) elegida al azar de la cantidad total de tratamientos posibles. Así, los resultados obtenidos del ensayo podrán aplicarse a la totalidad de tratamientos representados por los tratamientos muestreados.

En un modelo de efecto fixed, el objeto es estudiar un juego de tratamientos específico, de manera que los resultados obtenidos del ensayo no podrán aplicarse a un grupo de tratamientos mayor de los que integran el ensayo.

Además de los modelos mencionados, existen también modelos mixtos, en los cuales uno o más tratamientos se consideran random, mientras que otros se consideran fixed.

Es importante definir el tipo de modelo de que se trata en cada caso individual, ya que tanto la prueba de los tratamientos como el cómputo de los componentes de variabilidad dependerán de ello. Además, las conclusiones definitivas y la envergadura del ensayo naturalmente dependerán de estas consideraciones fundamentales.

Sin embargo, muy a menudo puede ser difícil decidir si los efectos de un ensayo deben considerarse random o fixed, y es difícil establecer normas unívocas al respecto. Los problemas han sido tratados detenidamente por Kempthorne(1975) , el cual también ilustra mediante ejemplos cómo los dos diferentes modos de ver influyen en la prueba de los análisis de varianza.

SIGNIFICACION ESTADISTICA

El punto de partida del concepto de significación es el establecimiento de una hipótesis nula y posiblemente de una hipótesis alternativa sobre el material del ensayo. Corrientemente, la hipótesis nula es la hipótesis que, según se presentan los problemas, no es natural ni aconsejable rechazar, a no ser que las observaciones indiquen, de forma decidida, otro comportamiento.

Para poder decidir si los resultados obtenidos de un ensayo son conformes a la hipótesis establecida, se emplean las llamadas pruebas de significación, o sean pruebas para verificar si los resultados desvían de manera significativa de los resultados esperados bajo la hipótesis nula.

En la prueba se emplea una magnitud de prueba calculada a base del ensayo, magnitud cuya distribución teórica bajo la hipótesis nula se conoce. Si la magnitud de prueba calculada es muy inverosímil en la distribución teórica hay motivo para rechazar la hipótesis nula establecida. Sin embargo, la prueba de significación no es unívoca, ya que la variabilidad aleatoria de los resultados del ensayo puede llevar a que algunos resultados, por efecto del azar, puedan desviar de manera significativa de los resultados esperados bajo la hipótesis nula establecida.

Los principios relacionados con las pruebas de significación quedan ilustrados en la figura 1.

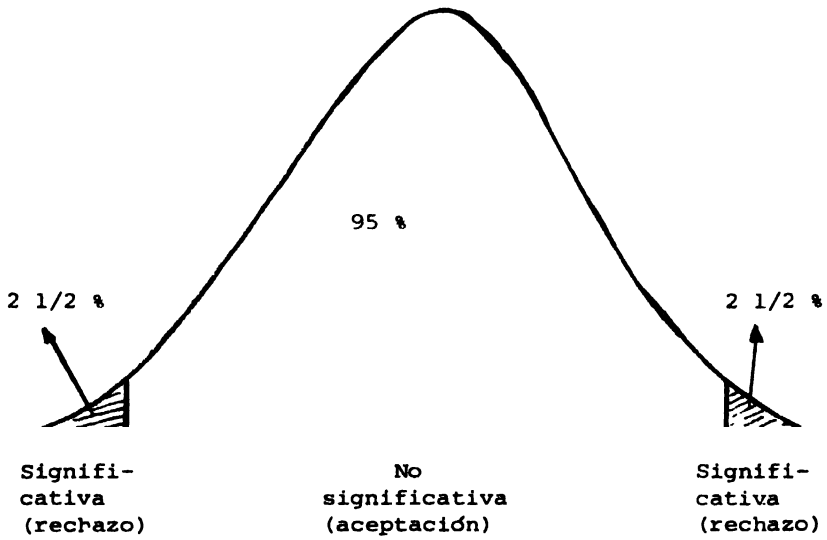


Fig. 1. Distribución de la magnitud de la prueba, si la hipótesis nula es verdadera. Además, la figura ilustra una prueba bilateral al nivel del 5 %.

Sin embargo, a base de la teoría estadística es posible calcular la probabilidad de que una desviación específica ocurra por azar. Por eso, las pruebas de significación se realizan a diferentes niveles de significación indicando la probabilidad de que la desviación encontrada pueda haber ocurrido por azar. En vez de sólo indicar que los resultados desvían de manera significativa de la hipótesis nula, se indica que las desviaciones son significativas al nivel del 5 %.

El encontrar significación por ejemplo al nivel del 5 % implica que seguirá siendo una probabilidad del 5 % de que la desviación encontrada sea resultado de contingencias. Por eso, si una prueba de significación al nivel del 5 % se emplea para rechazar la hipótesis nula establecida, existe una probabilidad del 5 % de que se haya rechazada esta hipótesis erróneamente, mientras que sólo existe la probabilidad del 1 % de que el rechazo de la hipótesis nula sea erróneo, si la desviación es significativa al nivel del 1 %.

Una prueba de significación se considera a menudo como una norma automática relacionada con la "aceptación" o el rechazo de la hipótesis nula. Como queda mencionado en lo anterior, una prueba de significación no podrá nunca rechazar, con una seguridad del 100 %, una hipótesis, y por eso, el mejorador debe tomar en cuenta estas limitaciones, tratando en cada situación de suplementar las informaciones de la prueba de significación con informaciones sobre el volumen del material de datos, las experiencias adquiridas de ensayos correspondientes, etc. (Brown et. al., 1977)

PRUEBAS

En el párrafo anterior quedan mencionados los principios que rigen para las pruebas de significación. A continuación se hará una breve mención de 3 pruebas empleadas con frecuencia, que integran un número bastante grande de los métodos de análisis más importantes mencionados más adelante en el presente artículo.

Prueba de chi cuadrada.

La chi cuadrada queda dada por la siguiente fórmula:

$$Chi_f^2 = \frac{(o_1 - e_1)^2}{e_1} + \frac{(o_2 - e_2)^2}{e_2} + \ldots\ldots\ldots + \frac{(o_n - e_n)^2}{e_n}$$

o_1-- o_n = frecuencias observadas
e_1-- e_n = frecuencias esperadas
f = número de grados de libertad

La prueba de chi cuadrada se emplea para probar si las frecuencias observadas son de conformidad con las frecuencias esperadas establecidas (la hipótesis nula). Los valores calculados de acuerdo con la fórmula arriba citada se ajustan a la distribución de chi cuadrada, de manera tal que pueden probarse mediante la distribución teórica de la chi cuadrada.

Prueba de "t".

La llamada prueba de "t" se emplea para evaluar si las diferencias que haya entre dos medias pueden considerarse estadísticamente significativas a un nivel de probabilidad dado.

La magnitud de t se calcula según la siguiente fórmula:

$$t_f = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$ donde

$\bar{X}_1$ y $\bar{X}_2$ = estimados de las medias

S = desviaciones estándar

n_1 y n_2 = número de observaciones formando la base de $\bar{X}_1$ y $\bar{X}_2$

f = número de grados de libertad $(=(n_1-1)(n_2-1))$

El valor de t calculado se ajusta a la distribución de t, pudiendo así probarse mediante la distribución teórica de t de Student.

Prueba de F.

La prueba de F se emplea para probar la homogeneidad entre dos varianzas. El valor de F se calcula según la siguiente fórmula:

$$F_{f_1,f_2} = \frac{S_1^2}{S_2^2}$$ donde

S_1^2 y S_2^2 = varianzas (cuadrados medios)

f_1 y f_2 = número de grados de libertad para S_1^2 y S_2^2

La base de la prueba es la llamada distribución de F.

INVESTIGACIONES PRELIMINARES

Antes de iniciarse los propios análisis estadísticos y las interpretaciones de los resultados de los ensayos, deben realizarse ciertas investigaciones preliminares, parte para localizar faltas o errores directos en el material de datos, y parte para verificar que se han llenado los requisitos necesarios para la implementación de los análisis estadísticos.

"Outliers" y valores faltantes.

En un primer estudio del material de datos se debe investigar si ocurren valores que desvían considerablemente de los demás datos (outliers) y que se debe suponer afectos de errores. Tales investigaciones pueden realizarse fácilmente, por ejemplo trazando cada dato en un diagrama, pudiéndose así localizar y estudiar más detenidamente los valores que desvían fuertemente, si los haya. Si se trata de grandes cantidades de datos y si se dispone de un central de procesamiento de datos, puede ser ventajoso emplear un programa de trazado automático para computadores, el que va haciéndose equipo estándar de todos los centrales de procesamiento de datos.

Otra posibilidad es calcular estimados de las medias (por ejemplo medias de parcela) y revisar todos los valores que desvían e.g. más de 3 veces la desviación estándar de la media total del ensayo. Tratándose de una cantidad de datos bastante grande, estos cálculos requieren mucho tiempo y, por eso, es más fácil realizarlos por medio del procesamiento eléctronico de datos.

Además de realizar las pruebas mencionadas de valores individuales, se deben estudiar si ocurren valores faltantes y verificar generalmente si el número de observaciones por unidad de ensayo es de conformidad con el plan de ensayo.

En un diseño simple como la aleatorización completa, no es de ninguna importancia para el análisis de varianza el que ocurriesen uno o varios valores faltantes, aparte de que se reducirá el número de grados de libertad para el error de ensayo. En otros diseños puede resultar necesario sustituir los valores faltantes por valores estimados para poder llevar a cabo el análisis. Estas estimaciones relacionadas con diferentes diseños han sido mostradas por Freese (1970). Aparte de reducir el número de grados de libertad, los valores faltantes pueden dificultar la interpretación de los resultados, especialmente en los diseños bastante complicados.

Pruebas de requisitos.

La mayoría de los métodos de análisis corrientes requieren que se hallen cumplidos ciertos requisitos con respecto al material de datos. A continuación se mencionarán las pruebas de 3 requisitos esenciales, o sea la normalidad, la homogeneidad de varianza y la aditividad.

Pruebas de normalidad.

Considerando que muchos de los métodos estadísticos se basan en que el material de datos se ajusta a la distribución normal, a menudo será de interés conocer un método para el estudio de esta normalidad.

Para la prueba de normalidad puede emplearse una prueba de chi cuadrada mostrando si se puede esperar que el material de datos tenga la misma distribución como la distribución normal. Snedecor y Cochran (1967) dan una explicación detallada del procedimiento de la prueba.

La prueba citada sólo puede mostrar si hay conformidad con una distribución normal. Si no, pueden emplearse pruebas especiales para un examen de Skewness y Kurtosis, si los hay (Snedecor y Cochran, 1967).

Pruebas de homogeneidad de varianza.

Como queda mencionado antes, la prueba de F puede emplearse para investigar la homogeneidad entre 2 varianzas. Pero si se trata de pruebas de varias varianzas, se puede emplear la prueba de homogeneidad de varianza de Bartlett. La prueba ha sido explicada detalladamente por Snedecor y Cochran (1967).

La homogeneidad de varianza constituye uno de los requisitos para poder realizar la prueba de t. Correspondientemente, constituye un requisito para poder realizar una prueba de F correcta en los análisis de varianza.

Pruebas de aditividad.

En los modelos estadísticos que se establecerán más adelante en el presente artículo, se supone que los factores individuales del modelo son aditivos, es decir que el resultado que se obtiene en una parcela en un ensayo, puede expresarse como la suma de los efectos del modelo, por ejemplo los efectos de tratamiento, de bloque y los efectos residuales. Para investigar la aditividad, se puede emplear la prueba de Turkey, descrita por Snedecor y Cochran (1967).

Sin embargo, las investigaciones preliminares del material de datos demostrarán a menudo la falta de aditividad que haya, ya que solamente por medio de un trazado del material de datos podrá revelarse, en muchos casos, una no aditividad.

Transformaciones.

Si las pruebas arriba mencionadas revelan que no se hallan cumplidos uno o varios requisitos, puede resultar necesario hacer una transformación del material de datos antes de llevar a cabo el análisis estadístico. Las siguientes 3 formas de transformaciones se emplean con más frecuencia:

1. Transformación arco seno. Esta transformación puede emplearse para valores de distribución binomial expresados en porcentajes en el campo del 1 a 100. Este tipo de datos ocurre con frecuencia en la fase de vivero, en la que se hacen estimaciones de e.g. supervivencia, daños de helada, etc.

2. Transformación de raíz cuadrada. Esta transformación puede emplearse en los casos en que la varianza depende de la media. Esto puede ocurrir por ejemplo en el conteo de número de ramas por corona de ramas (Burley y Wood, 1976).

3. Transformación de logaritmo. Esta transformación puede emplearse en las situaciones en que la varianza es proporcional al cuadrado de la media. Según Burley y Wood (1976) esto puede ser el caso en el tanteo de floración, empleándose una escala de disposición logarítmica (1 = 1-5 flores, 2 = 6-15 flores, 3 = 16-35 flores, etc.).

Una descripción detallada de las diferentes transformaciones y sus aplicaciones queda dada por Snedecor y Cochran (1967).

Aparte de la transformación arco seno de valores expresados en porcentajes, en la mayoría de los casos no es necesario, si los análisis se realizan a base de medias de parcela, hacer transformaciones de datos. Sin embargo, el investigador individual debe estudiar y evaluar en cada situación las consecuencias que pudieran tener los requisitos faltantes, si los hay, para las conclusiones sacadas del ensayo.

TABLAS DE CONTINGENCIA

En muchas situaciones los mejoradores enfrentan el problema de tener que comparar proporciones de 2 o más muestras independientes.

Especialmente relacionadas con la genética cualitativa (la genética de Mendel), se usan las tablas de contingencia con frecuencia en el estudio de si una determinada variedad con respecto a una propiedad cualitativa es de conformidad con la esperada.

Pero también en la mejora genética de árboles forestales, donde se estudian en primer lugar las propiedades cuantitativas, las tablas de contingencia pueden interesarnos para investigaciones preliminares del material o estudios de los diferentes tratamientos del material.

Como ejemplo se presenta a continuación una tabla de 3 x 2 que contiene los resultados obtenidos de una investigación de 2 tipos de máquinas plantadoras (I y II). Las plantas se hallan contadas en grupos (A = no dañadas, B = dañadas, C = caídas).

		A	B	C	Σ
Máquina I	obs.	117	31	7	155
	esp.	(116.1)	(28.6)	(10.3)	
Máquina II	obs.	131	30	15	176
	esp.	(131.9)	(32.4)	(11.7)	
Σ		248	61	22	331

A base de la agrupación elegida (A,B,C) se puede investigar, por medio de una prueba de chi cuadrada, si se puede esperar una diferencia entre los dos tipos de máquina. Previamente se calcula el número esperado en cada cuadro de la tabla, como sigue:

Número esperado de plantas no dañadas (A) para la máquina I = $\frac{155 \times 248}{331} = 116.1$

Número esperado de plantas dañadas (B) para la máquina I = $\frac{155 \times 61}{331} = 28.6$, etc.

La chi cuadrada se calcula como sigue:

$$\frac{(117 - 116.1)^2}{116.1} + \frac{(31 - 28.6)^2}{28.6} + \cdots\cdots\cdots + \frac{(15 - 11.7)^2}{11.7} = 2.38$$

Consultando una tabla de chi cuadrada con 2 grados de libertad ((3-1)(2-1)= 2) se ve que el valor de 2.38 encontrado no da motivo para suponer que las 2 máquinas del ensayo sean distintas.

ANALISIS DE VARIANZA

El análisis de varianza constituye el método más corriente de interpretación de resultados de ensayos. El análisis de varianza da las informaciones siguientes:

1) estimados de la magnitud o significación relativas de cada fuente de variación identificable,

2) diferencias estimadas entre los materiales, los tratamientos y las localidades usados en el ensayo,

3) indicaciones de la precisión de las diferencias estimadas entre las medias estimadas, por medio de su error estándar y sus límites de confianza,

4) pruebas de significación estadística de varianzas y diferencias.

La forma exacta del análisis de varianza dependerá tanto del diseño de ensayo como del modelo matemático que sirve de base. Además, tanto la prueba de significación como la interpretación ulterior de los resultados dependerán de si las variables individuales se consideran como fixed o random.

Lo esencial de todos los análisis es, sin embargo, el estimar las varianzas ligadas a cada fuente de variación (e.g. material, localidad, residual).

A continuación se presentan ejemplos de análisis de 5 diseños diferentes. (Sheffé, 1959, Searle, 1971)

Aleatorización completa.

En este diseño no hay más que una sola fuente de variación sistemática que se puede identificar, o sea entre los tratamientos. Una variación sistemática que haya en la localidad no puede segregarse, sino que está encerrada en la variación de parcela a parcela.

El modelo matemático tiene la forma siguiente:

$x_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$, donde

x_{ij} = la observacion individual
μ = la media total
α_i = el efecto del tratamiento i^{esieme}
ε_{ij} = el efecto residual

A continuación se presenta un establecimiento sumario del análisis de varianza.

Fuente de variacion	gl	SC	F
Entre tratamientos	a - 1	$\sum_i J_i (X_{i.} - X_{..})^2$	
Residual	N - a	$\sum_i \sum_j (X_{ij} - X_{i.})^2$	
Total	N - 1	$\sum_i \sum_j (X_{ij} - X_{..})^2$	

N = número total de parcelas del ensayo
a = número de tratamientos
J_i = número de parcelas para el tratamiento $i^{ésimo}$
X_{ij} = la observación individual
$X_{i.}$ = la media estimada del tratamiento $i^{ésimo}$
$X_{..}$ = la media total

La prueba de F consta en la última columna de la table del análisis. Si la prueba de F muestra diferencias significativas entre los tratamientos o los materiales, la diferencia real de D puede calcularse, y además pueden calcularse límites de confianza para las diferencias individuales entre las medias estimadas.

La diferencia real de D (LSD) se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$LSD = t \cdot \frac{\sqrt{2 \cdot}}{\sqrt{n}}$$ donde

t = el valor t de Student a un nivel de probabilidad dado

S = errores de ensayo (CM residual de la tabla)

n = número de parcelas que forman la base de los valores que se comparan

Los límites de confianza para la diferencia entre medias pueden calcularse de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$D = (a_1 - a_2) \pm t \cdot S \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}$$ donde

a_1 y a_2 = estimados de medias de tratamiento a_1 y a_2

t = el valor t de Student a un nivel de probabilidad dado

S = errores de ensayo (CM residual de la tabla)

n_1 y n_2 = número de observaciones que forman la base de cada uno de los estimados de las medias a_1 y a_2

Diseño de bloques al azar.

El análisis de varianza de un diseño de bloques al azar es poco más difícil que el del ensayo de aleatorización completa. Hay dos fuentes de variación sistemáticas que pueden identificarse, o sea bloques y tratamientos.

El modelo matemático tiene la forma siguiente:

$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$, donde

X_{ij} = la observacion individual

μ = la media total

α_i = el efecto del tratamiento $i^{ésieme}$ $(i = 1, \ldots\ldots I)$

β_j = el efecto del bloque $j^{ésieme}$ $(j = 1, \ldots\ldots J)$

ε_{ij} = el efecto residual

A continuación se presenta un establecimiento sumario del análisis de varianza.

Fuente de variacion	gl	SC	F
Tratamiantos	I-1	$J \sum_i (X_{i.} - X_{..})^2$	
Bloques	J-1	$I \sum_j (X_{.j} - X_{..})^2$	
Residual	(I-1)(J-1)	$\sum_i \sum_j (X_{ij} - X_{i.} - X_{.j} + X_{..})^2$	
Total	IJ-1	$\sum_i \sum_j (X_{ij} - X_{..})^2$	

En el caso de que, a un nivel de probabilidad dado, hay diferencias significativas entre los tratamientos, la diferencia real de D puede calcularse y se pueden establecer límites de confianza para las diferencias.

La prueba de F consta en la última columna de la tabla del análisis de varianza.

Diseño de cuadro latino.

Hay 3 fuentes de variación identificables, o sea reglones, columnas y tratamientos, y debe notarse que el número de renglones, columnas y tratamientos es igual. Por medio de este diseño se puede aislar en los cómputos la variación que ocurra, tanto entre los renglones como entre las columnas, es decir que en comparación con el diseño de bloques al azar, se ha hecho una división ulterior de las variaciones sistemáticas de la localidad. Como se desprende de la tabla del análisis de varianza presentada abajo, el diseño bastante estricto lleva a que el número de grados de libertad para la varianza de errores quede reducido en relación al diseño de bloques al azar.

El modelo matemático tiene la forma siguiente:

$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \lambda_k + \varepsilon_{ijk}$, donde

X_{ijk} = la observacion individual
μ = la media total
α_i = el efecto del renglon $i^{ésieme}$ $(i=1,\cdots\cdots I)$
β_j = el efecto de la columna $j^{ésieme}$ $(j=1,\cdots\cdots I)$
λ_k = el efecto del tratamiento $k^{ésieme}$ $(k=1,\cdots\cdots I)$
ε_{ijk} = el efecto residual

A continuación se presenta en establecimiento sumario del análisis de varianza.

Fuente de variación	gl	SC	F
Renglones	(I-1)	$I \sum_i (X_{i..} - X_{...})^2$	
Columnas	(I-1)	$I \sum_j (X_{.j.} - X_{...})^2$	
Tratamientos	(I-1)	$I \sum_k (X_{..k} - X_{...})^2$	
Residual	(I-1)(I-2)	$\sum^{*}_{ijk} (X_{ijk} - X_{i..} - X_{.j.} X_{..k} + 2X_{...})^2$	
Total	I^2-1	$\sum^{*}_{ijk} (X_{ijk} - X_{...})^2$	

*) Realizándose una suma de los valores representados por i, j y k, no se encontrarán todas las combinaciones posibles.

La prueba de F consta en la tabla, la diferencia real de D y los límites de confianza se calculan como de costumbre por medio del error estándar.

Diseno de bloques incompletos.

Los diseños de bloques incompletos y entre ellos especialmente los diseños de látice, son relativamente difíciles de analizar, y tratándose de ensayos bastante grandes y complicados, es aconsejable usar el procesamiento electrónico de datos para los análisis.

A continuación se da una breve descripción de un análisis general de "intrabloque", que también puede emplearse para los diferentes diseños de látice.

El modelo matemático tiene la forma siguiente:

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}, \quad \text{donde}$$

X_{ij} = la observacion individual
μ = la media total
α_i = el efecto del bloque i^ésieme (i=1,·····I)
β_j = el efecto del tratamiento j^ésieme (j=1,·····J)
ε_{ij} = el efecto residual

N = I·K, donde K = número de parcelas por bloque

A continuación se presenta un establecimiento sumario del análisis de varianza.

Fuente de variación	gl	SC	F
Bloques	I-1	$K \sum_i (X_{i.} - X_{..})^2$	
Tratamientos (corr.)	J-1	$K \sum_j Q_j^2 / \lambda I$	1
Residual	N-I-J+1	(differencia)	
Total	N-1	$\sum_i \sum_j (X_{ij} - X_{..})^2$	

Conviene hacer los comentarios siguientes relativos al sumario:

La suma corregida SC de tratamiento se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula: $k \cdot \sum_j Q_j^2 / \lambda \cdot I$, donde

λ = el número de veces que 2 tratamientos ocurren en el mismo bloque

$$Q_j = T_j - \frac{1}{K} \sum_i n_{ij} B_i \quad , \quad \text{donde}$$

T_j = la suma de todas las observaciones que comprenden el tratamiento j

B_i = la suma de todas las observaciones en el bloque i

n_{ij} = 1, si el tratamiento ocurre en el bloque i, ó = 0.

La prueba de F y los cómputos de la diferencia real de D y los límites de confianza se realizan como de costumbre.

En los diseños de látice, en vez del análisis de "intrabloque" antes presentado, se puede realizar un análisis de "interbloques", el que utiliza también una variación que pueda ocurrir entre los bloques. El análisis de "interbloques" queda descrito detalladamente por Cochran y Cox (1957), y Burley y Wood (1976) explican el método de análisis con relación a ensayos de procedencia.

Los análisis de diseños de látice se complicarán considerablemente, si ocurren valores faltantes, y en tales situaciones puede resultar necesario el realizar el análisis como en los diseños de bloques al azar, prescindiéndose en tal caso de la división en los bloques incompletos.

Diseño de parcelas subdivididas.

Los diseños de parcelas subdivididas se componen tanto de parcelas mayores como de subparcelas. Las parcelas mayores pueden disponerse en diferentes diseños, pero en lo expuesto a continuación se supone que las parcelas mayores están agrupadas en bloques y dispuestas en un diseño de bloques al azar. Cada parcela mayor está dividida en un juego de subparcelas.

El modelo matemático tiene la forma siguiente:

$$x_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \lambda_{ij} + \psi_k + \xi_{ik} + \varepsilon_{ijk}, \text{ donde}$$

x_{ijk} = la observacion individual
μ = la media total
α_i = el efecto del tratamiento i^ésieme (A) (i = 1, ... I)
β_j = el efecto del bloque j^ésieme (j = 1, ... r)
λ_{ij} = error (A) (k = 1, ... K)
ψ_k = el efecto del tratamiento k^ésieme (B)
ξ_{ik} = interaccion entre A y B
ε_{ijk} = el efecto residual (error B)

El análisis de varianza tiene la forma siguiente :

Fuente de variación	gl	SC	F
Tratamientos (A)	I-1	$JK \sum_i (X_{i..} - X_{...})^2$	
Bloques	J-1	$IK \sum_j (X_{.j.} - X_{...})^2$	
Error (A)	(I-1)(J-1)	$K \sum\sum_{ij} (X_{ij.} - X_{i..} - X_{.j.} + X_{...})^2$	
Tratamientos (B)	K-1	$IJ \sum_k (X_{..k} - X_{...})^2$	
(A) x (B)	(I-1)(K-1)	$J \sum\sum_{ik} (X_{.ik} - X_{.i.} - X_{..k} + X_{...})^2$	
Residual (Error (B))	J(I-1)(K-1)	(differencia)	
Total	IJ(K-1)	$\sum\sum\sum_{ijk} (X_{ijk} - X_{...})^2$	

Como se desprende del sumario, se emplean 2 varianzas de errores para probar los efectos ligados a las parcelas mayores y los ligados a las subparcelas, respectivamente.

La diferencia real de D y los límites de confianza se calculan correspondientemente empleándose diferentes errores estándar para las parcelas mayores y las subparcelas, respectivamente.

El diseño de parcelas subdivididas es ventajoso en los casos en que se desea conseguir para los efectos ligados a las subparcelas, una precisión mayor que la deseada para los ligados a las parcelas mayores.

ANALISIS DE CORRELACION

El coeficiente de correlación simple mide el grado de asociación lineal entre dos variables. Esto a menudo puede interesarnos en la mejora genética de árboles forestales, o para la investigación de la correlación entre propiedades dentro de un mismo individuo, o para la investigación de la correlación de una propiedad entre individuos diferentes y a menudo emparentados.

El coeficiente de correlación simple (r) se estima como sigue:

$$r = \frac{SP_{xy}}{\sqrt{SC_x} \sqrt{SC_y}}$$

donde SP indica la suma de los productos de los valores correspondientes de x e y, y SC_x y SC_y indican las sumas de los cuadrados de las desviaciones para los valores de x e y, respectivamente.

El valor de r puede variar entre -1 y +1. Los valores de -1 y +1, respectivamente, indican una correlación negativa o positiva completas, es decir que todos los puntos comprendidos en un diagrama bidimensional se hallan en una línea recta con inclinación hacia abajo (correlación negativa) o hacia arriba (correlación positiva).

La significación estadística de un coeficiente de correlación a un nivel de probabilidad dado puede determinarse en la manera siguiente:

La hipótesis nula: el coeficiente de correlación tiene el valor hipotético de $\rho = 0$.

Como magnitud de prueba se usa $t = \frac{r \cdot \sqrt{(n-2)}}{\sqrt{(1-r^2)}}$

Si se consulta una tabla de t y la magnitud de prueba de t con (n-2) grados de libertad resulta significativo a un nivel de probabilidad dado, se puede rechazar la hipótesis nula establecida.

ANALISIS DE REGRESION

La relación entre valores especificados de una variable y la media de todos los valores correlativos de otra variable que depende de la primera, se indica como regresión de la segunda variable sobre la primera.

Las regresiones tienen la siguiente forma general:

$y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$, donde

y = la variable dependiente
α = coeficiente
β = coeficiente (coeficiente de inclinacion)
x = la variable independiente
ε = el efecto residual

Los coeficientes α y β se estima como

$$b = \frac{SP_{xy}}{SC_{..}} \quad ; \quad a = y_{.} - b\, x_{.} \quad .$$

La regresión lineal puede probarse con respecto a significación mediante un análisis de varianza, como queda mostrado en la tabla siguiente.

Fuente de variación	gl	SC	F
Regresión	1	$b \cdot SP_{xy}$	1
Residual	I-2	(diferencia)	
Total	I-1	$\sum_{I} (y_i - y_{.})^2$	

En muchas situaciones será necesario emplear un modelo más complicado, que comprende varias variables independientes (regresión múltiple), y en el que pueden también encontrarse términos de cuadrados o de productos entre variables distintas.

ANALISIS DE COVARIANZA

Como en el caso de los análisis de varianza, existen para los análisis de covarianza una serie de modelos diferentes, pero a continuación sólo se dará un solo ejemplo de un modelo correspondiente a un ensayo de aleatorización completa, en el que, además del único efecto sistemático identificable, se ha registrado un dato adicional con relación a cada medición.

En los análisis de covarianza se hace un ajuste de los valores de parcela encontrados, por medio de una covariable. En la mayoría de los casos se trata de ajustes de compensación de diferencias existentes en las localidades, pero también puede tratarse de ajustes correspondientes de compensación del valor inicial del material, etc.

El modelo matemático tiene la forma siguiente:

$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta(x_{ij} - x_{.}) + \varepsilon_{ij}$, donde

y_{ij} = la observación individual

μ = la media total

α_i = el efecto del tratamiento $i^{ésieme}$ $(i = 1, \ldots. I)$

β = coeficiente

x_{ij} = covariable

ε_{ij} = el efecto residual

N = número total de parcelas del ensayo

A continuación se presenta un establecimiento sumario del análisis de

Fuente de variación	gl	SC	F
Tratamientos	I-1	$SC_{trat.} = SC_{tot.} - SC_{res.}$	
x (covar.)	1	$SC_{Cov} = \frac{(\sum\sum_{ij}(x_{ij} - x_{i.})(y_{ij} - y_{i.}))^2}{\sum\sum_{ij}(x_{ij} - x_{i.})^2}$	
Residual	N-I-1	$SC_{res.} = \sum\sum_{ij}(y_{ij} - y_{i.})^2 - SC_{Cov}$	
Total	N-1	$SC_{tot} = \sum\sum_{ij}(y_{ij} - y_{..})^2$	

Incluyéndose así la covariable en el análisis, es posible, como queda mostrado en la tabla, calcular un CM error y un CM tratamiento corregidos, después de lo cual se puede hacer una prueba de F en la manera habitual.

COMPONENTES DE LA VARIABILIDAD

Si, en un análisis, se trata de variables random, los CM estimados pueden desglosarse en uno o más componentes de variabilidad, cada uno relativo a una fuente de variación identificable. En la tabla siguiente queda mostrada la distribución del CM esperado en un diseño de bloques al azar.

Fuente de variación	gl	CM esperado (E(CM))
Tratamientos	I-1	$\sigma_e + J\cdot\sigma_{trat.}$
Bloques	J-1	$\sigma_e + I\cdot\sigma_{bloque}$
Residual	(I-1)(J-1)	σ_e
Total	IJ-1	

$\delta_{trat.}$ = el componente de tratamientos
δ_{bloque} = el componente de bloques
δ_e = el componente residual

Por medio de los valores CM estimados en el análisis es posible calcular los componentes de variabilidad individuales.

La aplicación más importante de componentes de variabilidad con relación a la mejora genética de árboles forestales, es la estimación de parámetros genéticos dentro de poblaciones, incluso para poder pronosticar el beneficio genético que pueda conseguirse por selección.

En el presente artículo no se explicarán en detalle los diferentes parámetros genéticos, ya que este tema será tratado detenidamente en el artículo sobre la genética cuantitativa.

B I B L I O G R A F I A

Brown, A.G. y Matheson, A.C. 1977 — Statistics: Interpretation of Results. International Training Course in Forest Tree Breeding, Canberra, Australia.

Burley, J. y Wood, P.J. 1976 — A manual on Species and Provenance Research with particular reference to the Tropics. CFI, Oxford, England.

Cochran, W.G. y Cox, M.G. 1957 — Experimental Designs, John Wiley & Sons, Inc. London.

Freese, F. 197o — Metodos Estadisticos Elementales para Technicos Forestales, Centro Regional de Ayuda Tecnica, Mexico/Buenos Aires.

Kempthorne, O. 1975 — The designs and Analysis of Experiments. R.E. Krieger Publishing Compagny, New York.

Scheffé, H. 1959 — The Analysis and Variance, John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A.

Searle, S.R. 1971 — Linear Models. John Wiley & Sons, Inc. New York, U.S.A.

Snedecor, G.W. y Cochran, W.G. 1967 — Statistical Methods, The Iowa State University Press, Ames, Iowa, U.S.A.

****

Poniéndole en un aprieto con preguntas difíciles ...
(plantación experimental de Bombacopsis quinata)

ENSAYOS DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS [1/]

R.L. Willan
Dirección de Recursos Forestales
Departamento de Montes
FAO
I-00100 Roma, Italia

CONTENIDO

	Página
Objetivos	1
La necesidad de ensayos de especies y procedencias	1
Los tipos, la secuencia y el período de tiempo	2
El control de ensayos y su refuerzo	2
Evaluación de las estaciones	3
Comparaciones entre homoclimas y la elección de especies para los ensayos	4
Limitaciones prácticas	5
Escalonamiento para los ensayos de especies y su duración	6
La fase eliminatoria de especies	6
La fase de puesta a prueba de las especies	6
La fase de comprobación de especies	6
Escalonamiento para los ensayos de procedencias y su duración	7
Fase de ensayo de procedencias del área natural entera	7
Fase de ensayo de procedencias selectas	7
Fase de comprobación de procedencias	7
Forma y tamaño de las parcelas, y competición dentro de ellas	8
Diseño experimental	8
Tratamiento cultural y protección	9
Prioridades en la evaluación de campo	9
Sistemas de registro	10
Cooperación internacional	10
Resumen	12
Referencias	

[1/] La mayor parte de esta ponencia consiste en extractos del "Manual sobre Investigaciones de Especies y Procedencias con Referencia Especial a los Trópicos". CFI Tropical Forestry Papers No. 10 & 10A. Compilado por J. Burley y P.J. Wood (Oxford, 1979).

OBJETIVOS

Como explicado en la ponencia sobre mejoramiento de árboles forestales en relación con la política forestal, los objetivos de la forestación deben definirse claramente por anticipado, en términos de materiales o amenidades a producir. El producto requerido puede tener una variedad de posibles usos, por ejemplo, puede tratarse de una producción final de madera cuyos raleos proporcionan postes o leña para combustible, o puede tener un uso muy preciso, por ejemplo, madera de exportación de alta calidad para chapas. Por el contrario, el resultado esperado puede ser amenidad, por ejemplo, decoración, sombra, cobijo, o mejoramiento del suelo.

LA NECESIDAD DE ENSAYOS DE ESPECIES Y PROCEDENCIAS

Se necesitan investigaciones de especies y procedencias siempre que carecemos de datos, bien sobre las necesidades de las especies, bien sobre las características de la estación, o ambas. En tales casos el aventurarse en proyectos de repoblación forestal sin un programa planificado y ejecutado con esmero, ha conducido frecuentemente a fracasos costosos.

La elección de especies y procedencias para su uso en la repoblación forestal requiere la extrapolación de datos que se han coleccionado en otra parte. Raramente es suficiente con hacer concordar los factores climatológicos y ecológicos de una nueva estación y el hábitat original, puesto que no se puede descubrir la adaptabilidad de la especie a unas nuevas condiciones o su capacidad de crecer de modo satisfactorio en una variedad de estaciones. Cuando se carece de información, la mejor manera de adquirirla es por medio de ensayos de cierta cantidad de especies en parcelas pequeñas en estaciones representativas dentro de la zona del proyecto de forestación. Con tal que las estaciones sean seleccionadas cuidadosamente para muestrear la gama de estaciones de plantación y que sean tratadas debidamente, la extrapolación de rendimientos desde parcelas pequeñas hasta la zona entera de la plantación tendrá un riesgo menor que comparaciones imprecisas, basadas en datos inadecuados, entre regiones distantes del mundo.

La conveniencia de hacer ensayos de especies y procedencias se acepta generalmente en la actualidad, pero la necesidad de su planificación cuidadosa y de observar normas de mantenimiento y evaluación no ha sido apreciada en muchos casos. Los ensayos en sí pueden ser inútiles y engañosos si están mal planificados o mal ejecutados. También la proliferación de parcelas, si están mal situadas, mal mantenidas y mal protegidas, no sustituye un programa bien planificado, aunque sea pequeño, pero que se ajuste a los recursos de personal y de finanzas disponibles. El objetivo es derivar la mayor cantidad de información posible con un desembolso dado, o - lo que es lo mismo - la obtención de los datos necesarios al menor costo posible.

Cuando se trata de especies con un área natural, geográfica o ecológica muy amplia, son esenciales los ensayos de procedencia. Es fácil equivocarse en la comparación de especies en la repoblación forestal, si no se conoce la gama total de variación intraespecífica.

LOS TIPOS, LA SECUENCIA Y EL PERIODO DE TIEMPO

Es evidente que la etapa final es el proyecto completo de repoblación forestal, donde las poblaciones de origen son reducidas a una o dos procedencias de una o pocas especies y donde el área en la que se planta cada año llega hasta los cientos o miles de hectáreas. Debe reconocerse que no existe procedimiento ni período de tiempo normal para pasar de una etapa a la próxima; tampoco es necesario siempre utilizar cada etapa. No obstante, las fases distintas que siguen se encuentran con frecuencia y generalmente serán necesarias bien simplemente (en secuencia) bien en combinación (telescópica) o al mismo tiempo (paralelas).

La fase eliminatoria de especies es la comprobación de una gran cantidad de especies posibles en parcelas pequenas por un corto período (0,1 - 0,2 del turno total) para determinar una supervivencia y promesa de crecimiento aceptable. La fase de puesta a prueba de la especie se asigna a un ensayo crítico o comparación de un número reducido de especies prometedoras en parcelas mayores, por períodos más largos (0,25 a 0,5 del turno total). La fase de comprobación de especies tiene como objetivo verificar, en condiciones normales de plantío, la superioridad de unas pocas especies probables. Existen tres fases similares para ensayos de procedencias para especies de amplia distribución natural: una fase de ensayo de procedencias del área natural entera, una fase de ensayo de procedencias selectas y una fase de comprobación de procedencias. Puesto que, normalmente, estas fases se aplican a especies que se consideran como prometedoras o probables, el tamaño de parcela y duración utilizados pueden ser mayor que las fases comparables de ensayo de especies.

EL CONTROL DE ENSAYOS Y SU REFUERZO

La planificación detallada y la dirección de ensayos de especies y procedencias es la responsabilidad del silvicultor o encargado de investigaciones. No obstante, el jefe del servicio forestal o el formulador de la política, ante quien es responsable el silvicultor, tiene que ser capaz de evaluar las investigaciones y decidir si responden a las cuestiones correctas con eficiencia, y dentro de los recursos disponibles.

Para facilitar este control, se debe requerir al personal de investigación que elabore y siga un plan de control de proyecto para cada ensayo de especies y procedencias. Este plan debe ser examinado y aprobado por el jefe antes de que se inicie el proyecto. Después de hacer las rectificaciones que crea oportunas,

el jefe del servicio forestal debe dar su aprobación por escrito. De esta manera, se le impone la obligación moral de hacer todo lo posible para asegurar la disponibilidad continua de finanzas y personal para el proyecto. Si no hay promesa de continuidad en este respecto, no merece la pena empezar el programa. Una vez que un proyecto se ha iniciado, no obstante, deben requerirse informes regulares (generalmente, informes anuales).

Un proyecto piloto de plantación muchas veces puede ser una etapa esencial entre ensayos de especies y procedencias, y la repoblación forestal a gran escala. Dará al ingeniero de montes la oportunidad de precisar las mejores técnicas culturales y de ordenación y le ayudará a tomar la decisión principal sobre si debe o no proceder con el programa completo de plantación.

Debe recordarse que en algunos casos los resultados de ensayos de especies y procedencias se aplican al segundo más que al primer turno. Por ejemplo, muchos países ya están plantando grandes zonas de Pinus caribaea var. hondurensis Barr. & Golf., derivados principalmente del Mountain Pine Ridge, Belize. En efecto, algunos países han empezado programas selectivos de mejoramiento con este material. No obstante, otras procedencias pueden ser mejores o contener algunos genes valiosos y estos países deben realizar ensayos comparativos para identificar tales procedencias para plantaciones posteriores. Hay el peligro de que los ingenieros de montes que tienen a mano una fuente de semilla de una especie o procedencia que se considere "satisfactoria" puedan pensar que no es necesario probar otras especies o procedencias que podrían ser potencialmente mejores.

EVALUACION DE LAS ESTACIONES

Es importante notar que los ensayos establecidos no evaluarán solamente el comportamiento de una especie o una procedencia per se, pero evaluarán también su comportamiento en relación con una cierta estación y bajo un método de cultivo particular. Cada uno de estos tres factores afectará a los otros dos. Por eso, un trabajo preparativo que consista en identificar y trazar los tipos de estaciones más importantes de un área de forestación potencial es un requisito indispensable para un programa eficiente de ensayos de especies y procedencias, ya que permitirá la extrapolación de conclusiones alcanzadas en los ensayos a estaciones sin plantar del mismo tipo.

No es satisfactorio localizar ensayos esparciéndolos al azar por todas las zonas potenciales de forestación. Es poco probable que tales zonas tengan características uniformes del medio ambiente. En estas circunstancias la localización de ensayos al azar puede omitir el muestrear un tipo de estación que ocurre con frecuencia.

El procedimiento de evaluación debe, por tanto, ser un proceso de división y subdivisión progresiva para llegar a unidades de medio ambiente útiles para la planificación e interpretación de ensayos.

Cada unidad debe ser una "estación", tal como lo ha descrito Coile (1952):

"un espacio de terreno con una combinación característica de factores topográficos, climáticos, bióticos y edáficos".

Las definiciones finales de estas estaciones dependerán del grado de variabilidad encontrada. No obstante, puede seguirse el procedimiento general siguiente:

Clasificar cada zona de plantío propuesta por medio de:

(i) La latitud -redondeando a grados (la latitud se relaciona con la duración del día).
(ii) La precipitación - según su distribución a lo largo del año. Por ejemplo: uniforme; una temporada seca; dos temporadas secas. Cuando la precipitación anual muestra gran vaxiación dentro de una categoría, será necesaria una división secundaria según la precipitación media anual.

Trazar los confines de las plantaciones propuestas en mapas o mosaicos de fotografías aéreos, preferentemente con una escala de 1:50,000. En estos mapas, o en una serie de calzas sobrepuestas transparentes, marcar lo siguiente, si se sabe, en la secuencia indicada:

(i) confines geológicos o los límites de grupos de suelos de características comunes.
(ii) los confines de características geomórficas conspicuas, tales como cuencas de ríos, colinas onduladas, zonas escarpadas, mesetas disecadas.
(iii) los confines de categorías topográficas importantes, por ejemplo: cañada, recuesto, cima de colina, meseta.

Las unidades finales de la clasificación son, entonces, unidades de categorías topográficas.

COMPARACIONES ENTRE HOMOCLIMAS Y LA ELECCION DE ESPECIES PARA LOS ENSAYOS

El emparejamiento estrecho del hábitat natural con la estación en que se hará la introducción de la especie, no elimina la necesidad de ensayos, puesto que no obstante la exactitud de las fórmulas que se utilizan, la adaptabilidad y plasticidad de una especie no pueden evaluarse sin ensayo. Además, la distribución natural de una especie puede ser el resultado tanto de la incidencia del fuego, de la competición ecológica o de las actividades del hombre, como de los elementos mensurables de clima y suelo. Muchas especies dan mejores rendimientos en un nuevo medio ambiente que en su hábitat natural - Pinus radiata y Eucalyptus saligna son buenos ejemplos.

Además, la información homoclimática obtenida a partir de los datos de rendimiento de una especie plantada como exótica puede ser de mayor valor y la revisión de la información de otros países puede reducir, en muchos casos, el número de especies posibles y llevar a la inclusión de razas muy interesantes en ensayos de procedencias.

Las especies que obviamente no podrán ser de interés - por ejemplo, Douglas en bajas altitudes cerca del ecuador - pueden eliminarse desde el principio, pero en casos menos seguros puede ser mejor permitir que una especie se elimine del ensayo por sí misma, en vez de eliminarla por razones teóricas, y tener que volver a estudiar la especie más tarde cuando las razones teóricas se han desechado. Muchas veces puede ser interesante volver a ensayar una especie que teóricamente tenía que dar buenos resultados, pero no lo hizo, porque el uso de técnicas mejoradas o el aumento de poblaciones micorrizales puede invertir fracasos anteriores.

Normalmente es deseable incluir en los ensayos una especie o procedencia que se conoce bien, como "estandard", para tener un punto de referencia junto al cual juzgar los rendimientos de poblaciones desconocidas.

LIMITACIONES PRACTICAS

El tamaño de un programa de los ensayos de especies y procedencias depende de muchos elementos, incluidos la disponibilidad de personal, presupuestos y terreno, no solamente para los ensayos sino también para la plantación subsiguiente. Son esenciales la seguridad de posesión para las zonas de los ensayos, y la cooperación pública en la protección de los mismos. La disponibilidad del personal con cualificaciones adecuadas determinará el tipo de trabajo que puede encargarse, y si los programas de instrucción deben formar una parte necesaria del proyecto. La disponibilidad del transporte puede ser crítica en algunos países.

El programa de operaciones debe organizarse cuidadosamente con antelación, y deben hacerse cálculos de costes tan exactos como sea posible. El coste total debe incluir no solamente los gastos iniciales sino también el cuidado esencial de las parcelas mientras duren los experimentos.

Cuando el personal o los presupuestos son limitados (lo que es el caso más corriente) el trabajo debe limitarse con anterioridad: en algunas circunstancias una serie de ensayos sin replicación adecuada puede ser mejor que nada. Una estimación precisa de interacciones especie/estación cuesta dinero y es necesario proporcionar los fondos necesarios en el presupuesto.

La necesidad de limitar el programa de investigación a un tamaño práctico exige la localización de parcelas de ensayo de tal manera que se pueda asegurar:

(a) Cubrir representativamente los tipos principales de estaciones;
(b) Acceso fácil para los cuidados culturales y la evaluación.

Un mayor número de parcelas pequeñas necesita un perímetro total largo y por tanto, protección más costosa. Un grado elevado de replicación y especies numerosas requiere una señalización diligente y supervisión, lo que puede ser difícil con personal de campo con relativamente poca información. El valor de la propaganda de un conjunto de parcelas vigorosas visibles desde la carretera puede ser considerable y, desde un punto de vista práctico, cuanto más simple sea el planteamiento y trazado estadístico, mejor.

ESCALONAMIENTO PARA LOS ENSAYOS DE ESPECIES Y SU DURACION

La fase eliminatoria de especies

Objetivo: Comparar el rendimiento de un gran número de especies diferentes en una estación o varias estaciones, y elegir un número menor para ensayos más intensivos.

Características: La parcela para cada especie individual es mantenida tan pequeña como sea posible.

La duración de tales ensayos normalmente es de la edad del turno x 0,1 ó 0,2 y quizás 20 a 40 especies pueden comprobarse en las fases iniciales, aunque muchas veces se hacen introducciones continuas de pocas especies durante varios años.

La fase de puesta a prueba de las especies

Objetivo: Comparar un número limitado de especies prometedoras, basado en una experiencia anterior, en sitios ubicados dentro de una extensa región climática.

Características: Son de importancia especial las disposiciones estadísticas bien diseñadas, y las parcelas deben ser de un tamaño que facilite la evaluación correcta, al menos hasta el primer aclareo.

La duración de estos ensayos puede ser del orden de 0,5 x turno. Para esta fase se sugiere una cantidad de especies entre 5 y 10.

La fase de comprobación de especies

Objetivo: Confirmar, bajo condiciones normales de plantación, los resultados mostrados por pocas especies que se han manifestado como superiores en fases anteriores.

Características: Las parcelas deben ser suficientemente grandes para proporcionar datos sobre crecimiento y rendimiento hasta que se complete el turno. Las fajas de aislamiento deben ser suficientemente grandes para eliminar o minimizar los efectos de margen. Además de métodos "normales" de plantación, puede ser necesario el ensayo de varias técnicas adicionales de ordenación, siempre en disposiciones estadísticamente válidas. También es apropiado investigar la calidad de la madera en esta etapa.

ESCALONAMIENTO PARA LOS ENSAYOS DE PROCEDENCIAS, Y SU DURACION

La secuencia "ideal" para ensayos de procedencias sigue muy estrechamente la secuencia descrita anteriormente para especies. Pueden describirse como Fase de ensayo de procedencias del área natural entera, la Fase de ensayo de procedencias selectas, y la Fase de la comprobación de procedencias.

Fase de ensayo de procedencias del área natural entera

Objetivo: Determinar la extensión y patrón de variación entre procedencias (poblaciones) de especies prometedoras, con variación natural amplia.

Características: Según la distribución geográfica y variación de la especie, se sugieren 10 - 30 procedencias para esta etapa. Muchas veces el ensayo indica grupos de procedencias prometedoras y también zonas de las cuales debe evitarse la importación de semilla a gran escala.

Muchas veces esta fase se realiza en concordancia con la fase eliminatoria de especie o la de puesta a prueba de especies. El tamaño de las parcelas debe ser pequeño, pero adecuado para una duración de 0,25 - 0,5 x la edad del turno.

Fase de ensayo de procedencias selectas

Objetivo: Reconocer subregiones y finalmente, las procedencias más aptas para las estaciones bajo ensayo.

Características: Las diferencias entre procedencias que deben averiguarse pueden ser relativamente leves, y el planteamiento experimental debe tenerlo en cuenta. Debe esperarse generalmente el uso de 3 - 5 procedencias, con una duración de más de la mitad del turno entero, utilizando parcelas del tamaño apropidado. Esta fase muchas veces se realiza en concordancia con las fases de puesta a prueba de especies, y comprobación de especies. Razas locales y demás procedencias derivadas deben incluirse cuando sea posible.

Fase de comprobación de procedencias

Al llegar a esta etapa se habrán elegido una o dos procedencias para cada especie, cada estación y cada uso final. El procedimiento es el mismo que el descrito para especies.

FORMA Y TAMAÑO DE LAS PARCELAS, Y COMPETICION DENTRO DE ELLAS

Tal como se indicó anteriormente, el tamaño de las parcelas depende de la duración del ensayo y la tasa de crecimiento de los árboles, que se espere lograr.

Puesto que el costo también es un factor importante, debe recordarse que los ensayos son cultivados para proporcionar información y que ésta puede obtenerse en parcelas pequeñas como en grandes. La parcela de un sólo árbol es de uso limitado, a menos que se ensaye un gran número de especies o procedencias para comprobar la supervivencia temprana; no obstante, es un método que necesita poco espacio y gasto y se presta a un grado elevado de réplica. Se recomienda las siguientes cantidades de árboles por parcela (suponiendo un espaciamiento inicial de 2 o 3 metros):

Fase eliminatoria de especies

Tamaño mínimo de parcela: 5 filas de árboles; máximo: 25 árboles (5 x 5). Sin fajas de aislamiento.

Fase de puesta a prueba de especies

Tamaño de parcela: 16 - 25 árboles (4 x 4 o 5 x 5) con una faja de aislamiento de 1 o 2 filas.

Fase de comprobación de especies

Como son importantes las estimaciones de rendimiento, puede considerarse como un mínimo una parcela central de 100 árboles (10 x 10), más una faja de aislamiento de dos filas.

Fase de ensayo de procedencias del área natural entera

25 árboles, sin faja de aislamiento.

Fase de ensayo de procedencias selectas

25 - 49 árboles por parcela, 1 o 2 filas de faja de aislamiento.

Fase de comprobación de procedencias

100 árboles por parcela (o más), faja de aislamiento de 1 o 2 filas.

DISEÑO EXPERIMENTAL

Este tema se tratará en otra ponencia. El diseño más comúnmente usado en experimentos forestales es el diseño de bloques completos al azar. Es un diseño simple, flexible y consistente, pero es menos apropiado cuando hay muchas especies y procedencias a comparar.

TRATAMIENTO CULTURAL Y PROTECCION

El tratamiento "de lujo", es decir, medidas contra problemas locales, tal como cultivo intensivo o el uso de insecticidas contra hormigas defoliadoras o termitas, debe utilizarse para reducir en lo posible la posibilidad de que los métodos de cultivo oculten los efectos de las demás características de la estación. Generalmente, por tanto, la vegetación competidora debe reducirse a un mínimo y el tipo de material para plantar y el método de plantación deben ser óptimos para la zona de que se trate.

Es necesario incluir en el plan experimental prescripciones sobre detalles tales como la necesidad de vallas o fertilización del área, fecha y método de plantación, replantación de fallas, escarde o deshierbe, poda y aclareos, y protección contra el fuego y contra plagas. Durante la plantación es indispensable asegurar que las plantas, sin fallar, lleven etiquetas de identificación y que el trabajo sea organizado de tal manera que se impida la confusión entre diferencias de comportamiento en las especies/procedencias y efectos causados por diferencias en destreza en plantar de trabajadores individuales.

PRIORIDADES EN LA EVALUACION DE CAMPO

La evaluación demora mucho y es costosa; por tanto, los caracteres que deben evaluarse y el momento en que se realizarán las evaluaciones, deben definirse en el plan de control.

Los calibradores iniciales de la etapa de campo son la evaluación de la altura de las plantas algunas semanas después de la plantación (para permitir que el suelo se haga más compacto) y una cuenta de sobrevivientes.

Los siguientes apuntes tratan las evaluaciones más importantes:

Carácter	Frecuencia/etapa	Método
Salud	Continua	Apuntar la incidencia de plagas y enfermedades. Identificar plagas y patógenos.
Supervivencia	1 año Posteriormente, después de extremos climáticos, etc.	Contar 100% Contar muestras.
Altura media ($\bar{h}$)	Anualmente hasta aprox. 7 m de altura. Después cada 2 - 5 años.	Utilizar poste para medir hasta 7 m. Después instrumentos ópticos. Exactitud: aspirar al 5%. 100% en etapas iniciales, o muestreo.

Carácter	Frecuencia/etapa	Método
Altura dominante ($\bar{H}_{dom}$) (altura media de 100 árboles de mayor diámetro, por ha).	Anualmente hasta 7 m. Después, cada 3-5 años.	Como arriba, pero consume tiempo. Exactitud: como arriba.
Diámetro medio ($\bar{d}$) a altura del pecho	1.3 m del suelo. Anualmente una vez que los árboles lleguen a 2-3 m.	Cinta para medir diámetros es el método más conveniente, o forcípulas. 100% esencial. Exactitud: aspirar a 1-2 mm.
Area basal		Se obtiene por medio de las medidas de d.
Forma del tallo. Angulo y tamaño de ramas.	Empezar cuando los árboles lleguen a 7 m. Después, a intervalos de 3-5 años.	Los sistemas simples y realistas son los mejores, utilizando el sistema de obtener una puntuación, (1-7).
Espesor de la corteza	Cada vez que se mide d, y al aplicar aclareos.	Calibrador de corteza, o por quitar la corteza al aplicar aclareos; muestra de 5-10% de los árboles.

SISTEMAS DE REGISTRO

Un sistema claro y exacto para registrar datos es esencial para todos los trabajos experimentales. Cada unidad debe identificarse claramente, pues ocurren con demasiada facilidad los errores de registro y transcripción. Los datos más corrientes se registran a mano en formularios diseñados con este propósito, y tales formularios deben ser fáciles de comprender y guardarse en un registro permanente. Los datos deben analizarse tan pronto como sea posible, puesto que los resultados pueden afectar la ordenación futura del ensayo.

COOPERACION INTERNACIONAL

En los últimos decenios se observa en todo el mundo un movimiento enorme de traslado de material forestal reproductivo. Muchos países tratan de intensificar la producción forestal introduciendo especies o procedencias nuevas (Lacaze, 1978). Paralelamente se observa el desarrollo de investigaciones que tienen por objeto dar a los reforestadores información objetiva sobre la elección del material de plantación. Un esfuerzo semejante no se puede concebir sin una cooperación internacional activa. Se ha progresado algo, pero queda aún mucho por hacer en la materia.

En el último decenio se han puesto en ejecución numerosos proyectos, a menudo basados en una colaboración internacional. Es menester poner de relieve a este respecto la labor desempeñada por diferentes organismos, tales como el Grupo de Trabajo de la IUFRO sobre obtención de semillas para las especies norteamericanas, la FAO, el Commonwealth Forestry Institute, Australia, el Centro de Semillas Forestales FAO/Danés y el Centre Technique Forestier Tropical (Francia). De las numerosas especies que han sido objeto de ensayos de procedencias citaremos a manera de ejemplo:

- Especies que interesan la zona templada: Abies grandis, abies, P. sitchensis, Pinus contorta, Pseudotsuga menzies Larix europaea y Populus trichocarpa.

- Especies que interesan la zona del Mediterráneo: Pinus halepensis, P. brutia, Eucalyptus camaldulensis y E. dalrympleana.

- Especies que interesan la zona tropical y subtropical: Cedrela odorata, E. camaldulensis, E. deglupta, E. microtheca, E. tereticornis, E. urophylla, Pinus caribaea, P. kesiya, P. oocarpa, P. pseudostrobus, Tectona grandis, Terminalia ivorensis y T. superba.

En la mayoría de los casos, los experimentos se realizan en países donde las especies estudiadas son exóticas.

Conviene cooperar en el análisis de las muchas parcelas experimentales internacionales ya establecidas o por establecer y coordinar todas las etapas, lo que supone:

- Establecer diseños experimentales, si no idénticos, por lo menos comparables entre sí en las diversas zonas o países.

- Elaborar y utilizar procedimientos idénticos de medición y observación. Sobre todo, conviene ocuparse de la metodología de la observación de las etapas fenológicas, de los daños causados por plagas y enfermedades y de la determinación de la calidad de la madera.

- Coordinar las fechas de las mediciones y observaciones.

- Utilizar medios modernos de elaboración de datos, por lo menos a nivel regional.

Además de permitir comparar los resultados de cada experimento con todos los demás, este método sirve para estimar los efectos de la interacción entre el genotipo y el ambiente e identificar las poblaciones "plásticas", o sea, las que se adaptan a una vasta gama de situaciones ecológicas. Gracias a la coordinación, países o regiones que tienen infraestructuras o medios de investigación limitados pueden utilizar los recursos disponibles y la experiencia adquirida en otros (Lacaze, 1978). Hay ejemplos recientes que demuestran la eficacia de la ayuda que se pueda dar a través de la coordinación. En países donde se realizan muchos

ensayos de especies y de procedencias y se hacen plantaciones de conservación, se recomienda que los especialistas hagan catálogos sencillos, dando a conocer la labor realizada y los resultados obtenidos, para intercambiarlos con sus colegas de otras partes.

Finalmente, a nivel mundial, una iniciativa interesante para la difusión de los resultados más notables es la publicación de la FAO "Información sobre Recursos Genéticos Forestales".

RESUMEN

Eldridge (1977) resume los objetivos y la metodología de ensayos de la siguiente manera:

Es necesario tener:

(1) Objetivos expuestos con precisión;

(2) Semillas recolectadas por un trabajador confiable, preferiblemente el investigador mismo, y bien documentadas;

(3) Plantas producidas en el vivero en condiciones ambientales uniformes y debidamente replicadas;

(4) Un diseño experimental bueno;

(5) Un tamaño de las parcelas que sea basado en previsiones sobre la variación del material y en la edad del mismo al emprender la evaluación final;

(6) Estaciones de ensayos representativas de las áreas que probablemente serán plantadas en el futuro, y que sean tan uniformes como sea posible;

(7) Mucho cuidado en la identificación, señalación y registro de datos durante todas las fases experimentales.

Adicionalmente, la cooperación de países en el establecimiento de ensayos internacionales consentirá a las naciones participantes una acumulación más rápida y más eficaz de experiencias prácticas, a costo reducido.

REFERENCIAS

Burley, J. y Wood, P.J.(Editores). (1979) Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los tropicos. Trop. Forestry Paper No. 10 & 10A. Commonwealth Forestry Institute, Oxford.

Eldridge, K.G. (1977) Provenances and provenance trials. In: Selected reference papers; International Training Course in Forest Tree Breeding. Australian Development Assistance Agency, Canberra.

Lacaze, J.F. (1978) Progreso alcanzado en la selección de especies y de procedencias. Unasylva Vol. 30, Nos. 119/120. FAO, Roma.

Coile, T.S. (1952) Soil and the growth of forests. Advances in Agronomy Vol. 4:329-98.

RODALES SEMILLEROS

Marcelino Quijada R.

Instituto de Silvicultura
Universidad de Los Andes
Mérida, Venezuela

CONTENIDO

Generalidades
Selección del sitio
Caracterización del área
Tamaño y densidad de la masa
Ganancia genética
Disposición del área
Conformación del rodal
Manejo y mantenimiento del rodal

GENERALIDADES

Los rodales semilleros son áreas seleccionadas en rodales naturales ó zonas de plantación, con la finalidad de asegurar un abastecimiento de semillas de origen geográfico y condición parental conocidos.

Los rodales semilleros actúan como fuente segura de semilla de cierta calidad genética, variable según la calidad de la masa, hasta tanto se justifique y logre el establecimiento y producción de huertos semilleros. Dado que es una fuente local, generalmente cercana ó dentro de las áreas de plantación donde ya había cierta selección natural, presentan la ventaja de proveer semilla genéticamente más confiable para dicho sitio, que semilla traída del exterior ó de condiciones ambientales diferentes.

Los rodales semilleros son una etapa previa a la formación de huertos semilleros. A diferencia de los huertos semilleros, las áreas escogidas para rodales semilleros generalmente no tuvieron esa intención primaria, sino que se derivaron a ella por ciertas características de la masa y exigencia de los programas de plantación. La diferencial de selección es generalmente menor que en huertos semilleros y las reglas concernientes al arbolamiento son menos rígidas.

El avance genético a través de rodales semilleros esta en función de la calidad de la masa y de las características bajo consideración. Normalmente los árboles en el rodal no están sujetos a ensayos de progenie, por lo que su verdadero valor genético no es conocido.

SELECCION DEL SITIO

Se ubican los mejores rodales naturales ó de plantación de una especie dada, en condiciones similares a las del área donde va a ser utilizada la semilla. Esta selección se hace tomando en cuenta el desarrollo de la masa (calidad de los individuos) y de la superficie arbórea disponible que garantize un área mínima, en función de las necesidades de semillas a cubrir en el programa ó programas de plantación.

En el caso de los rodales de plantación, especialmente con exóticas, el factor edad juega un papel importante en la selección del sitio ya que deberá considerarse un estado fisiológico tal, que garantize la producción de semilla viable en cantidades aceptables dentro de un tiempo aceptable, pero que todavía mantiene copas profundas, anchas y verdes para una máxima producción de semilla futura. A menudo, las áreas disponibles de árboles fisiológicamente maduros o casi maduros son muy pequeñas y donde se encuentran las superficies adecuadas estas son de reciente plantación. Las áreas de alta mortalidad generalmente se desechan a los fines del rodal. Para ciertas especies exóticas, en zonas de condición ambiental difícil (tales como muy altas ó bajas temperaturas, suelos pobres o baja precipitación), se presenta el problema de que aún cuando la especie crezca, la reproducción se ve seriamente afectada, lo que limita la consideración del establecimiento de rodales semilleros.

CARACTERIZACION DEL AREA

Una vez seleccionada el área, se caracteriza morfológica y cuantitativamente a fin de conocer la calidad fenotípica de los individuos y la producción promedio inicial, lo cual nos permitirá, además de sentar criterios para establecer el rodal semillero, tener una base de cálculo del avance genético esperado en plantaciones con la semilla producida en ese rodal.

La caracterización morfológica se hace tomando unas pocas características, 3 a 5, que se consideren importantes para el uso del producto de plantación. Para madera y derivados se usan frecuentemente la rectitud del fuste, bifurcación y anomalías (especialmente en coníferas), con diferentes escalas ó categorías. Algunos caracteres pueden ser determinantes, con solo 2 criterios: rechazo ó aceptación. Por ejemplo, árboles con ataques visibles de ciertas plagas ó enfermedades son rechazados totalmente, dada la facilidad de la transmisión hereditaria de la susceptibilidad y su importancia decisiva para el suceso de plantaciones futuras. Para los otros caracteres, la rigurosidad de la selección dependerá de la calidad de la masa.

La caracterización cuantitativa se hace con mediciones de altura y diámetro y valoración de factor de forma y calidad del fuste.

TAMAÑO Y DENSIDAD DE LA MASA

Para una cantidad dada de semillas requeridas en un programa dado, el tamaño del área dependerá de la productividad de la especie y de la densidad de la masa usada.

La productividad de la especie viene dada por el número de semillas viables por el árbol, siendo esto unción del número de frutos por árbol, del número de semillas por fruto y de la viabilidad de la semilla. Un muestreo previo en este sentido, es indispensable para proveer la estimación de productividad.

La densidad de la masa es función de la edad y/o desarrollo de la mis En plantaciones se usan generalmente entre 100 y 300 árboles por hectárea, dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales, evitando siempre una competición de las copas para maximizar la producción de yemas reproductoras.

En áreas naturales tropicales son limitadas las posibilidades de establecer rodales semilleros debido a la heterogeneidad de las masas y la baja abundancia de una especie por hectárea, excepción hecha de algunos tipos específicos de bosques.

Característicamente, los rodales semilleros son monoespecíficos, lo cual facilitaría el movimiento de polen entre árboles de una especie al eliminarse las demás especies. Sin embargo, en los rodales naturales podría considerarse combinar 2 ó 3 especies, taxonómicamente muy diferentes, para evitar problemas inherentes a la hibridación. De esta forma se puede hacer uso más efectivo de un área dedicada a producir semillas.

Por razones de costo y productividad se considera que un área menor de 5 hectáreas no es favorable para la producción comercial de semillas. El tamaño máximo estará dado por las exigencias del programa, la superficie original que cubre la especie y los recursos disponibles para un manejo efectivo del área.

GANANCIA GENETICA

El principal valor del rodal semillero es proveer un abastecimiento local de semilla la cual garantiza una calidad y una cantidad tal, que minimiza ó elimina la dependencia de fuentes externas más inseguras en estos aspectos.

La ganancia que se pueda lograr en este sentido dependerá de la calidad y conformación original de la masa, que pueda permitir ó restringir la severidad de selección. Mientras más regular sea la distribución de las calidades de los individuos en la masa, idealmente aproximándose a una distribución normal, mejores son las oportunidades para una selección que garantize un avance genético importante, puesto que hay mejores oportunidades de lograr todas las combinaciones deseables en uno o pocos individuos. Mientras más homogénea sea en uno u otro tipo de calidad, menor serán los avances esperados.

A menudo en plantación de primera generación, particularmente de exóticas y en condiciones ambientales un tanto limitantes se observa una distribución sesgada hacia la mala calidad con muy pocos individuos buenos. En este caso, la mayor ganancia a esperarse es en la sobrevivencia con un ligero ó regular avance en calidad de desarrollo. La mejora en sobrevivencia se explica en el hecho de que la semilla proviene de individuos que han sobrevivido bien para una primera generación de plantación, mostrando un cierto grado de adaptabilidad cultural al sitio y manifestada en el hecho de lograr un estado de desarrollo aceptable dentro de ciertos niveles de exigencia.

La mejora en desarrollo se espera por cuanto, si bien la estructura de la masa y las exigencias mínimas de pies por hectáreas hace que se seleccione árboles fuera de la categoría de los "buenos", estos últimos aumentarán su aporte genético en la masa intervenida puesto que su frecuencia relativa será mayor en la nueva población (selecta).

DISPOSICION DEL AREA

El rodal semillero está formado por el <u>área de producción</u> ó <u>área efectiva</u> y por el <u>área de barrera</u>.

El <u>área de producció</u>1 es donde se va a recolectar la semilla y que podrá recibir los tratamientos culturales necesarios que estimulen producción.

El área de barrera sirve para frenar la contaminación de polen de fuentes externas no controladas, dado que los rodales semilleros se establecen preferiblemente en zonas de plantación. La barrera está conformada por la misma especie del rodal y por lo tanto aporta polen al área de producción. En este sentido, el área de barrera se interviene con el mismo criterio del área de producción para los efectos de selección de individuos, pero no se aplican tratamientos culturales.

El ancho de la barrera estará entre 100 y 500 mts, dependiendo principalmente de factores ambientales que favorezcan la dispersión del polen.

CONFORMACION DEL RODAL

Una vez seleccionada y caracterizada el área, se establecen las pautas para la intervención y conformación del rodal. Se busca en lo posible que los individuos queden distribuidos regularmente sobre toda el área, con un espacio mínimo entre ellos que favorezca la floración y el movimiento del polen. El espacio mínimo busca evitar una temprana competencia y puede llevarse hasta un equivalente 1,5 veces el distanciamiento inicial de plantación, en rodales jóvenes. En todo caso esto dependerá de la conformación de los árboles vecinos y de la densidad adoptada.

En plantaciones, las intervenciones se pueden hacer sistemáticamente por hileras, lo cual favorece la regularidad de la masa resultante. Dado que las intervenciones, de carácter selectivo, buscan dejar sólo de un cuarto a un sexto de la masa original por hectárea, éstas se realizan a menudo por etapas (2 a 4 años) lo que permite ciertos correctivos posteriores en base a la intervención inicial.

Cuando existe poca experiencia en intervenciones silviculturales, es preferible trabajar inicialmente en un área menor el primer año. Por ejemplo, si se contempla 3 años para desarrollar un rodal semillero, es recomendable dividir el área en 4 partes, intervenir un cuarto de la superficie el primer año y las tres cuartas partes restantes, los dos años siguientes.

En general, la duración del establecimiento del rodal depende del área a intervenir, de la constitución de la masa inicial (densidad y tamaño de árboles).

Es indispensable un marqueo inicial por el jefe del proyecto de los árboles a intervenir, de manera tal que a la vez que adiestra al personal auxiliar que usualmente completa el trabajo, pueda establecer los correctivos necesarios. La supervisión técnica es, en todo caso, necesaria a fin de garantizar óptimos resultados. Es conveniente que el marqueo esté siempre bien adelantado al equipo de tumba, lo cual debe considerarse en la planificación de actividades.

Los árboles tumbados deben ser extraídos fuera del rodal a fin de eliminar obstáculos y posibles fuentes de ataques de patógenos.

Los tocones deben generalmente ser fumigados para evitar que en su descomposición se conviertan en focos de plagas y enfermedades.

MANEJO Y MANTENIMIENTO DEL RODAL

Las principales actividades de manejo en un rodal semillero son los raleos. También son de suma importancia actividades de mantenimiento, tales como la protección contra incendios, plagas y enfermedades. El mantenimiento de cortafuegos y vías internas adecuadas, permite una movilización eficaz en caso de incendios. Además, la eliminación de la vegetación baja y control de tocones contribuye también a evitar posibles focos de infección.

En los rodales semilleros se pueden también algunas veces, llevar a cabo investigaciones biológicas y genéticas, tales como estudios sobre el uso de fertilizantes u otros medios para estimular la floración y fructificación, etc.

SELECCION Y MANEJO DE RODALES SEMILLEROS

CON ESPECIAL REFERENCIA A CONIFERAS

W. H. Barrett
Fiplasto S.A. Buenos Aires, ARGENTINA

CONTENIDO

Introducción

Antecedentes y estado actual en America latina

Ubicación y selección de rodales semilleros

- Criterios de selección
- Características del rodal
  - edad
  - superficie
- Aislamiento
- Accesibilidad

Manejo del rodal

Producción de semillas

Ganancia genética

Bibliografía

Este tema ha sido desarrollado tomando como modelo la conferencia dictada por H. Keiding en el curso de Cosecha y Manejo de Semillas Forestales, FAO/DANIDA, Tailandia 1975, ampliada con información de H.Barner, del curso de Entrenamiento de Mejoramiento de Arboles Forestales, FAO/DANIDA, Kenya 1973.

INTRODUCCION

La utilización de rodales semilleros es una técnica intermedia en la mayoría de los programas de mejoramiento forestal, que permite obtener semilla mejorada en un corto plazo. Se la considera intermedia porque la intensidad de selección de rodales nunca puede alcanzar a la que se efectúa al seleccionar individuos para los huertos semilleros por lo que la mejora o mejor dicho la ganancia gené

tica también será menor.

En las regiones donde se efectuan grandes programas de forestación, como por lo general ocurre en áreas tropicales o subtropicales, existe una gran demanda de semillas. En muchos casos, la falta de semillas en cantidades suficientes puede ser el cuello de botella de los planes de plantación.

Por otra parte, la fuente de donde se extrae o procede la semilla juega un rol importante en el futuro de la plantación, ya que además del volumen que se obtenga, de ese origen dependerá la adaptación al sitio de plantación, sanidad, tipo y ritmo de crecimiento, calidad de la madera, etc.

La selección de los rodales semilleros puede tener lugar, tanto en los bosques nativos dentro del área de dispersión natural de la especie, como en plantaciones dentro y fuera del área de origen.

Se han dado diversos nombres a los rodales semilleros, sobre todo en países de habla inglesa, que podrían traducirse en área origen de semilla, rodales selectos, rodales semilleros, área de producción de semilla, que son tratados en detalle por Barner (1973), debiéndose distinguir en general los rodales que se han seleccionado por su calidad general de árboles y los rodales en los que además se han efectuado intensos raleos, eliminando aquellos individuos inferiores.

Por lo mismo, se aceptan las siguientes definiciones de acuerdo con el esquema de OECD (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico).

Rodal: una población de árboles con suficiente uniformidad en composición, constitución y distribución, como para distinguirse de poblaciones vecinas.

Rodal semillero / Area productora de semillas:

Es un rodal superior, generalmente mejorado por la eliminación de árobles inferiores y luego manejado para una precoz y abundante producción de semillas.

El objeto de crear áreas de producción de semillas o rodales semilleros de acuerdo con Matthews (1964) es:

1 Producir semilla de calidad mejorada mediante la selección y eliminación de árboles inferiores favoreciendo aquellos vigorosos, rectos, sanos y que produzcan madera de calidad.

2 Concentrar la recolección de semilla en algunas determinadas áreas especificamente manejadas con ese fín, facilitando la recolección en su organización y control.

3 Mejorar la energía germinativa y el porcentaje de germinación de la semilla cosechada.

ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL EN AMERICA LATINA

Por lo antedicho, la selección y el establecimiento de rodales semilleros es el método más rápido de obtener alguna mejora en la cantidad y calidad de la semilla a cosechar. Parecería ser que los procedimientos integrales de mejoramiento a largo plazo, incluyen la selección de rodales semilleros para obtener semillas mejoradas, hasta lograr obtener las semillas de árboles cuidadosamente seleccionados a través de los huertos semilleros.

En la actualidad, en algunas ocasiones los rodales semilleros son todavía el único medio que utilizan algunos países para obtener la semilla para sus programas de plantación. En el pasado esta práctica era la más frecuentemente utilizada.

La característica principal de la selección de los rodales y su manejo para transformarlos en áreas productoras de semillas, es la utilización de bosques maduros disponibles de inmediato.

La ganancia o mejora de los bosques y el esfuerzo que se debe hacer para implementarlo dependerá de la naturaleza del material básico con que se trabaja.

Siguiendo a Barner (1973) y Jones y Burley (1973) se ha clasificado el material básico de acuerdo a su origen y ubicación de la siguiente manera:

1 Generalmente ubicado dentro del área nativa de la especie ya sea en rodales nativos o plantaciones.

A este grupo y refiriéndonos especificamente a Coníferas, pertenecen países o regiones como Estados Unidos de Norte América, Canadá, Méjico y países del Centro y Sur de Europa.

2 Generalmente especies exóticas, introducidas a la región donde han sido más o menos cultivadas in extenso.

A este grupo, pertenecen casi todos los países que se han caracterizado por una producción forestal basado en el cultivo extensivo de especies exóticas.

En coníferas, este es el caso de países como Nueva Zelanda, Australia, Chile y España donde se ha cultivado in extenso Pinus radiata; Sudafrica, Rhodesia Malawi y Kenya con Pinus patula; Argentina, Brasil y Australia con pinos del Sudeste de los Estados Unidos; Gran Bretaña y centro oeste europeo con Pseudotsuga menziesii y otras especies de pinos para citar algunos ejemplos.

3 Generalmente en lotes experimentales de especies poco difundidas o de reciente introducción.

A este grupo pertenecen la mayoría de los países tropicales y subtropicales y para un gran número de especies en ensayo en regiones en desarrollo. Es especialmente aplicado a ensayos de especies y orígenes dentro de especies que han demostrado un comportamiento superior dentro del ensayo y cuando comparado con el material utilizado en el cultivo difundido en la región.

Con referencia a la utilización de rodales semilleros de especies nativas en regiones tropicales se puede explicar el poco uso de este sistema debido a que por lo general se sustituyen las especies nativas por especies de rápido crecimiento que casi siempre son exóticas. Aún en el caso de que pueda utilizarse alguna especie nativa, la naturaleza mixta del bosque hace muy difícil o prácticamente imposible su transformación en un rodal semillero.

En América latina, sus áreas tropicales no escapa a esta regla para sus especies nativas, ya que se encuentran dispersas en bosques mixtos donde coexisten elevado número de especies, fundamentalmente latifoliadas. Las coníferas nativas ocurren en áreas subtropicales a templado frías. Salvo algunas excepciones, como pueden ser algunos pinos en México, las Araucarias en Argentina, Brasil y Chile, la mayoría de estas especies de coníferas no se cultivan y son reemplazadas por especies exóticas. En América del Sur, la conífera nativa que se ha cultivado en mayor extensión es Araucaria augustifolia, de la que sólo en la provincia argentina de Misiones, existen unas 30.000 hectáreas plantadas. La recolección de semillas se ha efectuado hasta el presente de rodales nativos aunque actualmente se están desarrollando rodales semilleros.

En el grupo 2, tal como se citara anteriormente corresponde incluir Chile, Brasil y Argentina. Es probable que en el cuestionario que envien los asistentes al curso se podrá completar esta información a otros países americanos con otras especies en cultivo.

Por lo demás, con referencia a otras especies que están siendo utilizadas en gran escala en muchos países americanos, estos se incluyen todavía en el grupo 3 ya que no cuentan con cultivos forestales de antiguedad suficiente como para seleccionar rodales semilleros, debiendo recurrir para ello a sus mas antiguas y exitosas plantaciones experimentales.

UBICACION Y SELECCION DE RODALES SEMILLEROS

Aquí nuevamente se deberá hacer un distingo entre especies nativas en su área nativa y especies exóticas de gran cultivo y recientemente introducidas.

En el primer caso, la selección se deberá basar fundamentalmente en la información existente de los diversos ensayos de origen que determine la aptitud en los climas y suelos a plantar. Una vez determinada la región o área, se deberá elegir el rodal con las mejores características de calidad de madera y cantidad, calidad y periodicidad en la producción de semilla.

Cuando se trata de especies exóticas, se deberá distinguir a su vez entre las de gran cultivo como pueden ser en el hemisferio sur Pinus radiata, P.caribaea, P.taeda, P.elliottii y P.patula y las de limitado cultivo o reciente introducción. La metodología que se indicará a continuación se refiere al primer caso, donde se deberá extremar la selección de los rodales contando con toda posible información del valor del origen de la semilla, calidad reproductiva del rodal considerado, resultados obtenidos en plantaciones anteriores etc. En cuanto al segundo caso, especies de limitado cultivo, se deberá conformar con lo que se pueda conseguir ya que hay poco que hacer.

A los efectos de definir el área total de los rodales semilleros necesarios para una región se deberá conocer la demanda anual de semilla, productividad de los rodales, por árbol o por área; calidad de la producción.

Criterio de selección

Al seleccionar el rodal semillero se deberá tener en cuenta su uniformidad y su alta producción de volumen de madera y debiendo tener los árboles buena forma de tronco, buen hábito de crecimiento, calidad de madera y sanidad.

En países europeos (p.e Suecia) se califican a los rodales como superiores, normales e inferiores, existiendo tendencia de subdividir a su vez a los superiores en distintas categorías de acuerdo con su superioridad. En otros países (p.e Gran Bretaña), se califica al rodal sobre la base de árboles individuales. Se determinan muestras de manera sistemática en la que se miden y califican todos los árboles. La suma de puntos determina el puntaje total del rodal por el que se lo declara superior (plus), cercano a superior (almost plus), normal o inferior (minus).

A pesar de parecer diferente, los criterios de selección en los dos casos son similares con respecto a las características elegidas para calificar a los árboles. A su vez son similares a los de la selección individual fenotípica pero difieren fundamentalmente en la intensidad de selección.

Características del rodal

Edad

Varía con la especie y con la región. Deberá ser lo suficientemente antiguo como para tener información sobre la bondad forestal de su semilla en áreas donde fuera utilizado anteriormente. Deberá ser lo suficientemente maduro como para tener una buena floración y fructificación. Además deberán tener suficiente edad como para permitir una correcta evaluación de sus características. Sin embargo Barner (1973) sostiene que debido a las dificultades que pueden presentarse en rodales de mayor edad para evaluar algunas características, conviene iniciar la evaluación a edad temprana, si el rodal promete ser valioso, y mantener esa información actualizada en registros hasta su utilización. El rodal semillero, si bien debe ser maduro, no deberá ser muy viejo, debiendo permitir la extracción de la semilla por un número razonable de años.

Superficie

No es posible fijar de antemano la superficie de un rodal semillero. Por lo general se acepta una superficie mínima que permita una recolección económica de semilla. En Europa Occidental se considera que 2 a 5 hectáreas son unidades mínimas para rodales semilleros. Deberá considerarse además que contenga suficiente individuos, distribuidos como para una correcta polenización cruzada. Esto es particularmente importante en bosques mixtos.

Aislamiento

Es importante tener en cuenta este factor, especialmente evitando la contaminación de rodales inferiores. Las especies de coníferas que son polenizadas por viento son mas difíciles de aislar que las latifoliadas que generalmente son polenizadas por insectos. El aislamiento se puede conseguir el igiendo rodales que estén entre 300 y 1000 metros del rodal que pueda contaminar.En algunos casos no se pueden lograr rodales superiores suficientemente distanciados de rodales inferiores contaminantes por lo que se utiliza el mismo bosque como aislante. En ese caso, del rodal superior, sólo se cosecha el área mas alejada de la fuente contaminante, utilizando parte del mismo rodal como protector.

Accesibilidad

En situaciones normales de selección de rodales, deberán elegirse aquellos que sean de fácil acceso a los efectos de reducir el costo del manejo, inspección, mantenimiento y recolección de la semilla. Cuando la semilla genéticamente adecuada está ubicada en lugares poco accesibles, se deberá preferir utilizar su descendencia en las plantaciones mejor ubicadas.

MANEJO DEL RODAL

Los tratamientos que normalmente se dan a un rodal dentro de un área que será utilizada como fuente de semilla y para convertirlo en un rodal semillero son los siguientes:

1 Extracción de árboles inferiores de modo de mejorar la calidad genética de la semilla.

2 Raleos que permitan un espaciamiento adecuado para una mejor floración, fructificación y recolección de semillas.

3 Eliminación de la vegetación del sotobosque a los efectos de facilitar las inspecciones y recolección de semillas.

4 Marcación de los límites del rodal, especialmente cuando existen problemas de contaminación.

5 Tratamientos que tiendan a aumentar la producción como podas o aplicación de fertilizantes.

6 Otros tratamientos que protejan la fructificación como aplicación de fungicidas e insecticidas.

Es conveniente para el mejor manejo de los rodales semilleros que se registre toda actividad e información correspondiente a tratamientos aplicados, información fenológica y lo relacionado con la cosecha de la semilla.

PRODUCCION DE SEMILLAS

Se conoce relativamente poco en relación a la producción de semillas de un rodal semillero cuando comparado con un rodal sin tratamientos. Se sabe que cuando se ralea un rodal y se abren las copas, se obtiene inmediatamente un aumento en la producción de semillas. Pero se desconoce la duración de este efecto. Es probable que haya un aumento en la producción por árbol, pero se desconoce si hay mayor producción por área. No hay duda que se obtiene una mejora en la calidad de la semilla al efectuarse la eliminación de árboles inferiores y un raleo para aumentar la iluminación de las copas de los individuos selectos.

Tampoco existe información concreta sobre el aumento de la producción como efecto de la fertilización ya que casi todas las investigaciones han sido llevadas a cabo sobre huertos semilleros. En Japón, estudios efectuados sobre Pinus densiflora y Larix leptolepis concluyen que la aplicación de fertilizantes mejoró la calidad de las semillas y el raleo produjo aumento en la cantidad de semillas. El mejor resultado se obtuvo con un ligero raleo que superó al tratamiento testigo (sin ralear) y al fuertemente raleado (Asakawa et al.1969)

GANANCIA GENETICA

Hasta aquí se ha visto el aumento de cantidad de semilla y calidad fisiológica de la semilla producida en los rodales semilleros.

En especies de gran variación racial o ecotípica, generalmente especies de amplia area de distribución natural, la mayor ganancia genética del rodal semillero, estriba en la acertada elección de la población básica. La fuente origen de semilla deberá ser conocida por estudios previos de ensayos de origen o como resultado de una intensiva y extensiva silvicultura. Para ello tanto se puede recurrir al área de origen como a plantaciones efectuadas en la región donde se foreste, con material de dicho origen. Por ejemplo en Argentina en ensayos de origen se encontró que las poblaciones del centro de Florida en rotaciones de 7 años de Pinus taeda crecían un 200% en volumen cuando comparadas con los orígenes pedemontanos de Georgia . Algo similar se encontro con la misma especie en Queensland. Como la población base que se utiliza para rodales semilleros es de diferentes sitios de Georgia, la producción en volumen es fácilmente mejorable con utilizar rodales procedentes de Florida.

Con referencia a caracteres dentro de la población como forma, ancho de copa, densidad de la madera etc, dependerá directamente de la heredabilidad del carácter y de la intensidad de selección. Tratándose de una selección masal, de relativamente baja intensidad de selección la ganacia genética dependerá entonces de la heredabilidad.

Un ejemplo de Shelbourne (1969) para diámetro (baja heredabilidad) y derechura de tronco (alta heredabilidad) en Pinus radiata para una intensidad de selección de 1 en 10 expresada en porcentaje de la media de la población antes del raleo es de 25% para derechura de tronco y 5,6% para diámetro; para una intensidad de selección de 1 en 20 la ganancia predicta es de 29,2% y 6,7% respectivamente

En países de América latina, donde muchas de las incógnitas sobre especie, orígen, sitio y sus interacciones no han sido todavía develadas, se puede esperar mucha mayor ganancia en la búsqueda de las especies y orígenes más adecuadas para cada región. Por lo mismo una técnica muy aconsejable es la de efectuar simultáneamente con los ensayos de especies y orígenes una plantación paralela en mayor escala, de cada uno de las unidades biológicas ensayadas. Este material podría ser utilizado en el futuro como fuente de semilla en el corto plazo y en el cual se podrán iniciar las selecciones individuales para los programas de mejoramiento a largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

Asakawa, S. y Keiji Fujita,1969. Studies on the management of experimental seed stands of Pinus densiflora and Larix leptolepis and the results obtained for three years (1962-1964). Bull.Gov.For.Exp.Sta. N°184, Tokyo, Japón.

Barner, H. 1973. Classification of sources for procurement of forest reproductive material. FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement, Kenya, pag. 119-121.

Eliason, E.J. 1969. Development of seed production areas-an interim selection. Segunda consulta Mundial sobre Mejora Genética. FAO-IUFRO. Washington. 2: 1367-1371.

Jones, N. y J. Burley, 1973. Seed certification provenance nomenclature and genetic history in forestry. Silvae Genetica 22 (3): 53-58

Keiding, H. 1975. Seed stands. FAO/DANIDA Training course on forest seed collection and handling- 2: 192-211 - Tailandia.

Matthews, J.D. 1964. Seed production and seed certification. Unasylva 18 (2-3): 104-108

Mittak, W. L. 1979. Cursillo para el manejo de rodales seleccionados para la producción de semillas. Instituto Nacional Forestal BANSEFOR Proyecto GUA/78/005. Guatemala.

Shelbourne, C.J.A. 1969. Predicted genetic improvement from different breeding methods. Segunda consulta Mundial sobre Mejora Genética FAO-IUFRO Washington 2: 1023-1029.

SELECCION Y MANEJO DE RODALES SEMILLEROS: LATIFOLIADAS

Christel Palmberg
Dirección de Recursos Forestales
Departamento de Montes
FAO

CONTENIDO

Introducción

Selección de rodales
- Criterios de selección
- Edad
- Superficie
- Aislamiento

Manejo de rodales
Bibliografía

INTRODUCCION

Los rodales semilleros tienen por objeto satisfacer necesidades inmediatas de cantidades relativamente grandes de semilla algo mejorada genéticamente, seleccionando rodales de calidad no inferior a la media y manejándolos con el objetivo principal de producir semilla.

Los principios generales de selección y manejo de los rodales semilleros dados a conocer por Barrett en la conferencia anterior se aplican tanto a las latifoliadas como a las coníferas. A continuación se dan a conocer las diferencias de metodología entre latifoliadas y coníferas y los puntos a los cuales conviene prestar atención en particular en las latifoliadas. Al final de esta nota aparecen referencias de publicaciones que tratan de la selección y el manejo de rodales semilleros de latifoliadas.

SELECCION DE RODALES

Criterios de selección

Las latifoliadas son muchas veces dioicas. Al seleccionar los rodales conviene cerciorarse de que hay tanto árboles macho como hembra y al ralear hay que preocuparse de dejar un número equilibrado de machos y hembras.

En las especies cuyas raíces producen muchos hijos suelen encontrarse árboles genéticamente idénticos que cubren grandes extensiones. El método de los rodales semilleros puede no ser conveniente para estas especies.

Para plantaciones es muy importante conocer el origen del rodal. Las plantaciones de exóticas pueden haberse hecho con semillas de un número relativamente pequeno de árboles y, aunque el rodal mismo tenga un desarrollo y una forma superior, es probable que la calidad genética de su semilla sea inferior, debido a los efectos de la consanguinidad. A veces, por ejemplo en el eucalipto, el rodal puede ser de origen híbrido y la semilla de los F_1 y generaciones siguientes suele producir rodales demasiado variables, debido a la segregación de los genes.

Criterios de selección tales como la salud, el rendimiento y la forma de los árboles son universales, pero a las latifoliadas, a menudo se agregan otros criterios de selección propios de una sola especie; por ejemplo se hace la selección evitando defectos hereditarios característicos de alguna especie, tales como la tendencia de Liquidambar styraciflua a producir brotes epicórmicos con vestigios de yema que llegan hasta el meollo y la de Eucalyptus regnans a formar un gran número de vetas de goma; o buscando características tales como la de Ochroma lagopus a producir una madera de bajísima densidad, y las de las maderas empleadas específicamente en ebanistería por su color o veta atrayentes; favoreciendo individuos con gran capacidad de retonar en las especies sometidas a rotaciones cortas.

Edad

Es preciso que los rodales sean suficientemente jóvenes como para poder responder al primer raleo formando copas capaces de producir grandes cantidades de semilla y suficientemente maduros como para mostrar indicios de las características perseguidas por la selección.

Superficie

En los bosques heterogéneos la distancia que separa los árboles de una misma especie suele ser grande y por tal motivo en estos bosques los rodales semilleros tienen que ocupar una superficie mucho mayor que en los bosques puros o en los que se componen de pocas especies. Si la densidad de una especie es muy baja no puede aplicarse el método de los rodales semilleros.

Aislamiento

Es indispensable conocer el sistema reproductivo de la especie. Si la especie es endogámica no es necesario aislarla, pero las especies forestales son en gran parte exogámicas y tienen varios mecanismos para impedir la autogamia, ya que la autopolinización suele tener en ellas consecuencias detrimentales.

En muchas latifoliadas no está bien documentada la distancia a la cual puede volar el polen y a la cual pueden transportarlo los insectos. Conviene que el aislamiento de los rodales semilleros de latifoliadas sea semejante a aquéllo de las coníferas (± 300 m), mientras no se hagan ulteriores estudios.

Manejo de rodales

En los rodales semilleros conviene hacer varios raleos para aumentar la cantidad y mejorar la calidad de la semilla. Conviene hacer el primer raleo antes de que se inicie una gran competencia entre las copas. El objeto principal de este raleo es lograr que se formen copas anchas, profundas y densas, o sea, aumentar cantidad de semilla y eliminar a la vez los genotipos inferiores. A medida que el rodal se va desarrollando se manifiesta más variación entre los individuos. Como la selección fenotípica suele ser más segura en árboles adultos el énfasis de la labor de mejora se desplaza poco a poco de la cantidad a la calidad.

Para manejar los rodales semilleros es indispensable conocer la biología de la floración y de la producción de semillas, pero suele escasear o faltar la información sobre latifoliadas. Es importante poder prever la época exacta del año en que florecerán los árboles, para poder hacer antes los raleos cualquier año. Un error de fecha puede causar un retraso de los beneficios del raleo igual al período que separa una cosecha de semilla de la siguiente. Además es indispensable conocer el tiempo que transcurre entre la polinización y la maduración de la semilla, para poder prever el grado relativo de mejora, directamente relacionado con el raleo selectivo.

BIBLIOGRAFIA

Melchior, G.H. (1977) Programa preliminar de un esayo de procedencia de Cordia alliodora, Cupressus lusitanica y otras especies nativas y exóticas. Proyecto Investigaciones y Desarrollo Forestales COL/74/005. PIF no. 7. Bogotá, Colombia.

Melchior, G.H. & Venegas Tovar, L. (1978) Propuesta para asegurar el suministro de semillas de Eucalyptus globulus en calidad comercial y geneticamente mejoradas. Proyecto Investigaciones y Desarrollo Forestales COL/74/005. PIF no. 14. Bogotá, Colombia.

van Dijk, K., Venegas Tovar, L. & Melchior, G.H. (1978) El suministro de semillas como base de reforestaciones en Colombia. Proyecto Investigaciones y Desarrollo Forestales COL/74/005. PIF no. 13. Bogotá, Colombia.

SELECCION DE ARBOLES FORESTALES

Marcelino Quijada R.

Instituto de Silvicultura
Universidad de Los Andes
Mérida, Venezuela

CONTENIDO

Genotipo y ambiente

Factores a considerar en la selección individual de árboles

- Tipo y número de caracteres
- Intensidad de selección
- Propagación de árboles selectos

La práctica de la selección

- Métodos de mejora por selección
- Fuentes de árboles para la selección
- Criterios de selección
- Terminología de árboles en la selección

Bibliografía

Anexo 1:

- Ejemplo de criterios de selección: Criterios de selección con fines de rodales semilleros

Anexo 2:

- Ejemplo de criterios de selección: Criterios de selección con fines huertos semilleros

GENOTIPO Y AMBIENTE

Los métodos de mejora más usados en la práctica, se basan en la escogencia de individuos que llenan algunos requisitos mínimos en ciertas características de interés para propósitos definidos.

La apariencia externa del individuo, ó sea su fenotipo, es la primera guía del mejorador. Si bien el fenotipo está basado en 2 componentes: genotipo y ambiente, y cuales quiera de los dos puede ser de igual o mayor importancia en la apariencia resultante, el mejorador se basa inicialmente en el factor probabilístico de que un buen fenotipo tenga una suficiente base genética para dar una reacción favorable, aún en mediano grado, ante distintos ambientes.

Es conocido que muchos caracteres son de un moderado a alto control genético, de manera tal que la apariencia externa refleja en buen grado su potencial inherente. Otros caracteres reaccionan más ampliamente ante las condiciones ambientales por lo que un determinado fenotipo refleja sólo una de las múltiples formas de reacción.

La existencia de diferentes formas ó alelos de un gen, así como la ocurrencia de poligenia, pleiotropia, epitasis, etc, determina una gran complejidad en las expresiones de un caracter y variadas combinaciones de ellos. De toda esta gama de expresiones, ó variación, se aprovecha el mejorador para escoger los tipos ó combinaciones más favorables. La selección practicada por el mejorador es del tipo direccional ó truncada por cuanto selecciona hacia un extremo de la población original y busca incrementar la media de las futuras poblaciones en esa dirección.

La determinación de la importancia del componente genético de un caracter sólo puede hacerse mediante pruebas de campo, ya sea creciendo vegetativamente los individuos selectos en distintos ambientes ó a través de su progenie (ensayos de progenie). Mientras tanto, se seguirá trabajando con la apariencia externa.

Mientras mayor rigídez haya en los criterios de selección de árboles, mayor garantía habrá de tener una ganancia genética buena. Esto sin embargo, es función de la especie, el producto y la calidad de la masa disponible para la selección.

Un recorrido inicial por las áreas de distribución (plantación ó natural) ayudan a establecer un criterio de exigencias para diversas características. Esto es particularmente importante para programas de selección con primera generación de exóticas ó especies nativas afectadas por selección disgénica en gran parte de su rango.

FACTORES A CONSIDERAR EN LA SELECCION DE ARBOLES

El éxito de la selección a partir del fenotipo, expresado como avance ó ganancia genética, dependen de variados factores, entre los cuales destacan el tipo y número de caracteres en la selección, la intensidad de selección y el método de propagación.

Tipo y número de caracteres

El tipo de caracter, (alta o baja heredabilidad), influye determinadamente en el avance que se pueda lograr. Caracteres con alta heredabilidad son más fácilmente manipulables y predecibles en sus respuestas. Entre estos se incluyen rectitud del fuste, bifurcación y resistencia a enfermedades. Los caracteres con baja heredabilidad son menos predecibles ya que requieren un mayor control ambiental; aquí se incluyen características económicas importantes de los árboles tales como propiedades físicas y químicas de la madera.

El número de caracteres también afecta la respuesta a obtener. Se ha demostrado que mientras mayor sea el número de caracteres más difícil resulta obtener avances de algunos de ellos individualmente. Esto se debe a dos factores; primero, diferentes caracteres tienen patrones hereditarios, lo que requeriría diferentes intensidades de selección, con lo cual, al incrementar

el número de individuos para satisfacer los requerimientos de un caracter dado, se podría afectar otro por introducir fenotipos no deseables del mismo. Segundo, diferentes caracteres pueden estar inversamente correlacionados, con lo cual el ser muy estricto en un caracter resultaría negativo para otro.

Deberá ser entonces necesario concentrarse en pocos caracteres a la vez, escogiéndose en primer término aquellos de más fácil manipulación, pero a la vez importantes, tales como rectitud del tallo, bifurcación, vigor, etc, antes de considerar las propiedades de la madera como factor de selección. (5).

Intensidad de selección

La selección de árboles se hace, entre otras, con dos consideraciones en mente: que los árboles escogidos tengan la menor afinidad familiar posible para evitar problemas relativos a la consanguinidad y que se pueda obtener un número mínimo de individuos de acuerdo al propósito de la misma. El primer caso, en rodales naturales, el distanciamiento es un indicador de cierta confiabilidad. Mientras más cercanos los árboles, mayor probabilidad de relaciones consanguíneas, por el hecho mismo de las características del movimiento del polen. Los árboles alejados espacialmente, ya sea en una misma área, y mejor sobre diferentes áreas, presentan menos afinidades familiares. En plantaciones esperamos que por lo menos los árboles de un mismo año de plantación estén más relacionados entre sí. De un año a otro, y de sitio a sitio, puede variar la fuente específica de semilla, particularmente cuando se requieren lotes muy grandes. En estos casos, se buscará reducir el número total de selecciones sobre un área común de plantación.

Por otro lado, el número de selecciones influye sobre la amplitud ó base genética. Un número reducido de selecciones creará una base muy estrecha, que podría conducir rápidamente a problemas, entre otros, de consanguinidad. En huertos semilleros se considera un mínimo absoluto de 20 árboles, para mantener una base genética lo suficientemente amplia para lograr avances importantes al lograr que la semilla producida pueda adaptarse a la natural variabilidad existentes en los sitios de plantación. Esto parte de los supuestos de regularidad en tiempo y cantidad de floración y fructificación de todos los árboles. Dado que esto no siempre se cumple, es preferible usar un número mayor. En áreas semilleras el número de árboles dejados dependerá de las necesidades de semillas, desarrollo de las plantas y área disponible, pero suelen ser de 100 a 250 por hectárea.

La severidad en cuanto a intensidad de selección baja a medida que se dispone de parámetros de variabilidad, tales como la heredabilidad, se han tomado intensidades de 1 árbol por 700 hectáreas en Nueva Zelandia con Pinus radiata, 1 árbol por 1,2 hectáreas en Australia con Pinus radiata; 1 árbol por cada 8 000 en Colombia con Cupressus lusitanica y 1 por cada 750 (1 por cada 0,65 hectáreas) en Pinus caribaea en Cachipo, Venezuela (4,5,8).

La decisión final en todo caso dependerá de la variabilidad de la especie y de las necesidades inmediatas de semillas, tanto en cantidad como en calidad.

La intensidad de selección se determina en diferentes formas. Una de ellas es por medio del diferencial de selección (s), que expresa la diferencia entre la media de la población original y la media de los árboles selectos.

La media de la población original se puede estimar en base a un muestreo de la misma. Debido a que esto a menudo envuelve altos costos y tiempo, se ha utilizado como patrón de referencia poblacional, las medias de los 4 ó 5 mejores árboles vecinos al árbol selecto.

Con este valor, y con el estimado de heredabilidad (h^2) para un caracter en particular, podemos calcular el avance genético (R) esperado. Véase ponencia sobre genética cuantitativa para información más detallada.

Propagación de árboles selectos

En el caso de árboles seleccionados para su inclusión en huertos semilleros, se presentan dos alternativas de propagación: sexual y asexual, las que determinan el tipo de huerto a formar (de brinzal y clonal respectivamente).

LA PRACTICA DE LA SELECCION

Método de mejora por selección

Al mejorador forestal se le presentan 2 métodos más comunes de selección: Selección masal y Selección por Familia (1, 10).

En la selección masal, se hace la escogencia de los individuos por su apariencia fenotípica, permitiendo luego el libre cruce entre ellos. Es la práctica común en rodales semilleros y en huertos semilleros de producción, donde se mezcla la semilla sin consideración de las relaciones familiares. A fin de probar la efectividad de la selección masal, se puede conducir un ensayo de progenies por grupos de árboles tanto selectos como no selectos de las poblaciones originales. Este procedimiento ha demostrado ser efectivo para caracteres de alta heredabilidad.

La selección por familia, permite mantener un control de las relaciones parentales en la progenie resultante, lo que facilita una evaluación contínua de los árboles selectos. Las relaciones familiares más comunes son las de fratrias (hermanos) y semi-fratrias (medio hermanos). Diferentes procedimientos y ciclos de evaluación, agrupados bajo el término genérico de selección recurrente permiten eliminación de árboles originalmente selectos, así como incorporación de nuevas selecciones. Es práctica más común en huertos semilleros de producción y control de desarrollo (con ensayos de progenie).

Fuentes de árboles para la selección

La fuente para la escogencia de los árboles esta determinado por el uso de esas selecciones. En el caso de rodales semilleros, la selección se hace sobre un espacio definido, el cual normalmente es un rodal de plantaciones de orígen conocida, ó a veces un rodal natural, que presenten características buenas generales de desarrollo vegetativo, desarrollo reproductivo y cubran un área suficiente para garantizar una producción de semillas mínima. Además, deberá estar ubicado en el área donde va a ser usada la semilla posteriormente. En el caso de huertos semilleros, se toma como referencia el área total dentro de una región climática natural ó de plantación. A fin de tener una buena base inicial de trabajo, la selección puede comenzarse en los mejores rodales de las mejores procedencias.

Criterios de selección

Existen 2 criterios prácticos de evaluación de árboles: el método de valoración individual y el método de valoración comparativa. El primer método consiste en evaluar cada árbol en sus méritos propios, según escalas de valores para las clases en característica. Las diferentes clases en cada característica individual vendrán dadas por criterios técnicos, de acuerdo a las variantes fenotípicas discernibles en cada una. Esto mismo establece un cierto nivel de subjetividad. Este método de evaluación es apropiado en

muestreos hechos en masas que van a ser usadas para rodales semilleros, y en los cuales se quiere caracterizar dicha masa para tomar decisiones de la intensidad y criterios de intervenciones. También se utiliza para evaluar desarrollo de plantas en ensayos de progenie. En este sistema se establece un nivel por debajo del cual se elimina automáticamente cualquier árbol, independientemente de los valores en otras características.

El segundo método utiliza escalas de valoración que van resultando de la superioridad manifiesta del árbol candidato, con respecto a árboles comparables de la vecindad. Usualmente se asigna un número de puntos adicionales por cada tanto por ciento ó valor absoluto de superioridad y cuyas magnitudes dependerán del peso que se le quiera asignar a cada característica en el conjunto.

Es bastante funcional en caracteres cuantificables con unidades específicas (altura, diámetro, volumen) pero se usa también en características más cualitativas donde se toman como base clases un tanto subjetivas.

Algunas características son determinantes, indiferentemente del criterio de selección, por cuanto especifican rechazo ó aceptación, como es el caso de resistencia a plagas ó enfermedades; cualquier vestigio de ataque, por ejemplo generalmente elemina automáticamente el árbol que está siendo evaluado.

Terminología de árboles en la selección

El árbol que a primera vista es fenotípicamente deseable y que va a ser objeto de evaluación se denomina candidato ó preseleccionado. Una vez evaluado en sus características y aceptado para posterior uso, pasa a ser selecto ó plús.

Una vez valorado en sus características genéticas superiores, es un árbol élite. Esto último requiere, a menudo, varios ciclos de ensayos de progenie.

BIBLIOGRAFIA

1. Allard, R.W. Principles of Plant Breeding. John Wiley & Sons, Inc. 1964 New York. 485 Pág. (Principios de la Mejora Genética de las Plantas. Editorial Omega, S.A., Barcelona, España)

2. Brown, C.L. and R.E. Goddard. Silvical considerations in the selection 1961 of plus phenotype. J. For 59:420-426

3. Falconer, D.S. Introduction to Quantitative Genetics. The Ronald 1960 Press Company, New York, 365 p.

4. Gutiérrez, V., M. y W.E. Ladrach. Iniciación de un Programa de 1978 Mejoramiento Genético de Cupressus lusitánica y Pinus patula en Colombia. Boletín IFLAIC, No. 53: 3-19.

5. Keiding, H. Selection of individual trees. En: FAO-DANIDA Training 1974 Course on Forest Tree Improvement, Kenya. pp. 165-175.

6. Ledig, F.T. An analysis of methods for the selection of trees from 1974 wild stands. For Sci 20: 2-16.

7. Morgenstern, E.K. Review of the principles of plus tree selection. 1975 En: plustree selection: Review and Outlook. Publication 1347, Canadian Forestry Service, Ottawa, Canada. pp. 1-27.

8. Smith, N. 1976 Selección de árboles en Cachipo para establecer un huerto semillero de Pinus caribaea Morelet. II Seminario Nacional de Plantaciones Forestales S.V.I.F. Mérida, Venezuela. 42 p.

9. Villarreal, Rafl. 1969 Consideraciones sobre un programa de Mejoramiento de especies forestales en México. Tésis Ing. Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México, 128 p.

10. Wright, J.W. 1976 Introduction to Forest Genetics. Academic Press, New York. 463 p.

EJEMPLOS DE CRITERIOS DE SELECCION:

CRITERIOS DE SELECCION CON FINES DE RODAL SEMILLERO

I. Rectitud del fuste

1. Recto
2. Ligeramente torcido
3. Muy torcido

II. Bifurcación

1. Sin Bifurcación
2. Bifurcado en el tercio superior
3. Bifurcado en el tercio medio a inferior

III. Anomalías (especialmente para Pinus)

1. Sin anomalía
2. Anomalía aparente recuperada
3. Anomalía medianamente a bien desarrollada

IV. Floración y Fructificación

1. Con frutos
2. Sólo con flores
3. Sin flores ni frutos

Las tres primeras características son determinantes: El orden de preferencia es: 111, 211, 112, 121, 122, 221, 222.

Las clases 3 sólo se incluirán en situaciones extremas, lo que en todo caso indicaría una masa bastante mala.

La floración y fructificación servirá de base de escogencia entre árboles de una misma categoría, al procederse al marqueo de árboles a dejar ó eliminar.

Se tomarán además datos de DAP, altura y cualquier otra información que sea notoria en el árbol.

EJEMPLOS DE CRITERIOS DE SELECCION:

CRITERIOS DE SELECCION CON FINES DE HUERTO SEMILLERO

Se ubican un árbol candidato y 4 árboles vecinos a ser usados como comparación.

1. Vigorosidad (Area basal ó volumen)

Se otorgarán 3 puntos por cada 10 por ciento de superioridad del candidato sobre el promedio de los árboles vecinos, hasta un máximo de 30 puntos (100% superioridad).

Se le restará la misma cantidad si es inferior al promedio.

2. Fuste

Categorías: 1. Recto
2. Ligeramente torcido
3. Muy torcido (sólo para vecinos)

Se otorgará 1 punto si está en la mejor categoría y 1 punto adicional por cada 0,25 de superioridad sobre promedio de vecinos.

Se le restará la misma cantidad por inferioridad al promedio.

Valor máximo: 9 puntos.

3. Cantidad de verticilos

Se otorgarán: 1 punto, si el candidato supera al peor de los vecinos pero es menor que el promedio de los mismos.

2 puntos, si es igual al promedio.

3 puntos, si supera al promedio pero es inferior al mejor vecino.

4 puntos, si es igual al mejor vecino

6 puntos, si es mejor que el mejor vecino

Valor máximo: 6 puntos

4. Promedios de ramas en los 3 primeros verticilos

Igual que para cantidad total de verticilos.

Valor máximo: 6 puntos

Características de copa

Categorías: 1. Ramas vivas sólo en el tercio superior.
2. Ramas vivas hasta el tercio medio
3. Ramas vivas hasta el tercio inferior
Valoración igual qua para Fuste

Valor máximo: 9 puntos

6. Diámetro de ramas

Se tomará la rama (viva ó muerta) más gruesa hasta la mitad del fuste.

Categorías: 1. Ramas ausentes
2. Ramas finas (hasta 1/10 del DAP)
3. Ramas medianas (hasta 1/4 del DAP)
4. Ramas gruesas (menos de 1/4 del DAP)

Valoración igual que para Fuste

Valor máximo: 13 puntos

7. Angulo de ramas

Categorías: 1. Cercano ó mayor a 90° con respecto al tronco encima de la rama
2. Por debajo de 90° y hasta 45°
3. Menor de 45°

Valoración igual que para Fuste

Valor máximo: 9 puntos

8. Ataques

- 5 puntos. Arbol sano en una masa que presenta evidencias menores de ataques
- 10 puntos. Arbol sano en una masa bastante afectada (más del 30%)

Condiciones básicas

1. Ningún árbol condidato deberá ser peor que el peor de los vecinos, en característica alguna.
2. Ningún árbol candidato deberá estar por debajo del promedio de los vecinos en más de 2 características (valores negativos).
3. Ningún árbol con evidencia de ataque de plagas ó enfermedades será considerado para selección.

Aporte de características

Valor máximo de árbol selecto -	92 PUNTOS	Copa	9,8%
Vigorosidad	32,6%	Diámetro ramas	14,1%
Fuste	9,8%	Angulo ramas	9,8%
Verticilos	6,5%	Ataques	10,9%
	6,5%		

GENETICA CUANTITATIVA:
PRINCIPIOS GENERALES Y SU APLICACION PRACTICA
EN LA MEJORA DE ARBOLES FORESTALES

Bjerne Ditlevsen

Servicio Nacional Forestal, Dinamarca

INDICE

Introducción

Genética cuantitativa

Valores genotípicos y fenotípicos

Efecto medio de un gene y valor reproductivo

Desviaciones debidas a dominancia y epistasia

Variación de los caracteres cuantitativos

Concordancia entre individuos relacionados entre sí por parentesco

Heredabilidad

Capacidad de combinación general y específica

Selección y ganancia genética

Bibliografía

INTRODUCCION

La genética cuantitativa trata la transmisión por herencia de las diferencias entre individuos que pueden denominarse cuantitativas, o sea que se indican como diferencias de grado contrariamente a la genética mendeliana que trata las diferencias de caracteres cualitativos (Strickberger, 1968).

Las funciones genéticas básicas son las mismas en la genética cuantitativa y en la mendeliana, pero en la genética cuantitativa las diferencias son resultado de diferencias de genes en muchos loci, en tanto que las diferencias de la genética mendeliana se deben a diferencias de genes en uno o pocos loci, apareciendo los tipos diferentes en proporciones determinadas (Falconer, 1964).

GENETICA CUANTITATIVA

La mayor parte de los caracteres que son de interés en relación con la mejora genética de árboles forestales, están controlados por muchos genes de efecto aditivo, es decir: caracteres cuantitativos típicos. Como ejemplos podemos citar altura, diámetro, forma del tronco y peso volumétrico. Los estudios de la herencia de los citados caracteres no pueden efectuarse mediante individuos, sino que deben realizarse en poblaciones (Wright, 1976)

Los análisis y los estudios de los caracteres cuantitativos pueden efectuarse utilizando distintos métodos estadísticos.

El análisis de los caracteres cuantitativos se efectúa estudiando las concordancias que hay entre individuos emparentados, y uno de los objetos de los análisis es el de pronosticar el efecto de una selección y el de estudiar cómo debe realizarse la selección.

Como queda indicado arriba, métodos estadísticos son esenciales y magnitudes tales como promedio y varianzas necesarias en relación con los estudios de los caracteres cuantitativos.

Una tarea importante será desglosar la variación fenotípica en sus componentes causales como efectos del exterior y efectos genéticos además de desglosar el componente genético en un componente aditivo, dominante y epistático (Falconer, 1964 Shepherd, 1977)

VALORES GENOTIPICOS Y FENOTIPICOS DE LA POBLACION

La composición genética de una población muchas veces se expresa en forma de frecuencias de genes y de genotipos. Para buscar una relación entre dichas frecuencias y las diferencias cuantitativas que se manifiestan en caracteres susceptibles de medirse, introducimos un término nuevo, el término "valor", que se expresa en las unidades en que se mide el carácter en cuestión (Falconer, 1964)

Se usan los términos siguientes:

P = El valor fenotípico de un carácter determinado,

G = El valor genotípico. Por genotipo se entiende la constitución genética completa de un individuo,

E = La desviación debida al medio ambiente, o sean todas las circunstancias no genéticas que influyen en el valor fenotípico.

La relación entre los valores puede expresarse en la siguiente definición:

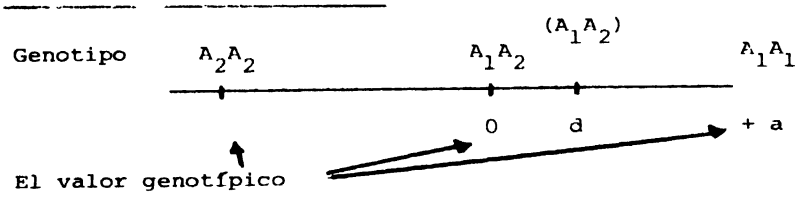
$P = G + E.$

Para la población en conjunto tenemos:

El valor medio $m(E) = 0$, o sea que

$m(P) = m(G)$

Podemos ilustrar lo anterior mediante un caso simple en que los caracteres son controlados por un solo locus con 2 alelos A_1 y A_2. Al genotipo individual se le da un valor de -a, d y a, respectivamente, como lo demuestra la figura siguiente:



d = grado de dominancia

En el ejemplo dado el heterozigoto A_1A_2 no aparece como el valor medio de A_1A_1 y A_2A_2, sino como el valor d, que se denomina grado de dominancia.

Si nos imaginamos que los genes A_1 y A_2 aparecen en una población en equilibrio con las frecuencias de p y q, respectivamente, el valor genotípico de la población puede calcularse como se desprende del esquema siguiente:

Genotipo	Frequencia	Valor	Valor medio
A_1A_1	p^2	+ a	$p^2 \cdot a$
A_1A_2	$2 \cdot p \cdot q$	d	$2pq \cdot d$
A_2A_2	q^2	- a	$q^2 \cdot (-a)$
Total	1		$a(p-q) + 2pqd$

El valor $a(p-q) + 2dpq$ es el valor genotípico de la población en lo que se refiere a este locus solamente y al mismo tiempo el valor fenotípico, ya que la suma de desviaciones de la población debidas al medio ambiente es cero.

La media de la población en lo que se refiere a todos los loci que influyen en el carácter en cuestión (un carácter cuantitativo poligénico) es

$$M = \sum_{1 \cdot ci} a(p-q) + 2 \sum_{loci} pqd$$

Efecto Medio de un Gene y Valor Reproductivo

En relación con el estudio de transferencia de un "valor" de los progenitores a sus descendientes no podemos utilizar tan sólo el valor genotípico, visto que los progenitores no transmiten su genotipo sino sus genes a la próxima generación. En su lugar se usa el término "efecto medio", que se define como sigue:

La desviación media del promedio de la población que obtienen los individuos que reciben el gene en cuestión (suponemos que el gene alelo se toma al azar de la población.).

En consecuencia, el efecto medio dependerá tanto del gene en cuestión como de la población en cuestión.

A base del término efecto medio el valor reproductivo (A) de un individuo puede definirse como sigue:

1º La suma de los efectos medios de los genes (los genes que controlan el carácter en cuestión).

El valor reproductivo en virtud de la citada definición es una magnitud teórica. Otra definición más práctica es la siguiente:

2º 2 veces el valor medio de la progenie (medido en desviaciones del promedio de la población), cuando el individuo se ha apareado al azar con una serie de miembros de la población.

El valor reproductivo también se denomina el genotipo aditivo.

Para una población en equilibrio encontramos que la media de los valores reproductivos de los individuos es cero.

El valor reproductivo de un individuo de una población puede calcularse a base del valor medio de sus descendientes después de polinización libre. Según la definición núm. 2 el valor reproductivo puede calcularse como sigue:

A = 2 x (promedio de población - promedio de progenie).

El término valor reproductivo como expresión de la parte de la masa hereditaria que puede transmitirse de modo aditivo a las generaciones futuras, es de gran importancia para la mejora genética de árboles forestales.

Desviaciones debidas a dominancia y epistasia

En el párrafo que antecede para el individuo, hemos mencionado la parte del valor genotípico que puede transmitirse de modo aditivo a los descendientes. La parte restante del valor del individuo consiste de un efecto de gene no aditivo entre los 2 alelos de un locus y se denomina dominancia (D). Por consiguiente tenemos:

$$G = A + D$$

Para una población en equilibrio encontramos que la media de las desviaciones de dominancia es cero, o sea que

$$m\ (D) = 0$$

Si estudiamos un carácter poligénico, también puede haber efectos de genes no aditivos entre loci. Este fenómeno se denomina epistasia (I) y da como resultado que el valor genotípico de caracteres poligénicos puede desglosarse como sigue:

$$G = A + D + I.$$

VARIACION DE LOS CARACTERES CUANTITATIVOS

En el párrafo que antecede, hemos tratado caracteres y valores en individuos; a continuación tratamos la aparición de caracteres y valores en la población. A esta finalidad estudiamos ante todo la variación de los caracteres y de los valores y la relación entre ellos.

Los valores de los individuos y las varianzas de la población (en forma de componentes de varianza) pueden disponerse análogamente:

$$P = \underbrace{G}_{A + D + I} + E \qquad V_P = \underbrace{V_G}_{V_A + V_D + V_I} + V_E$$

V_P = Varianza fenotípica
V_G = Varianza genotípica
V_A = Varianza aditiva
V_D = Varianza dominante
V_I = Varianza epistásica
V_E = Varianza debida al medio ambiente

El simple desglose de la varianza fenotípica en los componentes de varianza citados se basa en el supuesto de que G y E sean independientes entre sí y que A, D e I sean independientes entre sí.

Mediante las varianzas se puede expresar la importancia relativa de una causa de varianza como la relación entre el componente de varianza en cuestión y la varianza fenotípica. La importancia del genotipo puede por ejemplo expresarse como la relación $\frac{V_G}{V_P}$

Los componentes de varianza genotípica y del medio ambiente no pueden determinarse directamente de observaciones en una población natural. En cambio, a base de conocimientos de parentesco, los citados componentes pueden determinarse en ensayos o poblaciones experimentales.

Concordancia entre Individuos Relacionados entre sí por Parentesco

Los componentes de varianza del párrafo anterior se deben a causas motivadas de variación, y por eso denominamos a estos componentes los componentes de varianza causales.

En cambio, si se trata de medir el grado de relaciones entre individuos relacionados entre sí por parentesco, hay que hacer otra división distinta de la varianza fenotípica, o sea una división correspondiente a la agrupación de los individuos en familias. Estos componentes pueden estimarse directamente a base de los valores fenotípicos, y por consiguiente los denominaremos componentes de varianza observados. Para evitar confusión seguiremos indicando con V a los componentes causales, mientras indicaremos con σ^2 a los componentes observados.

A continuación, tratamos las 4 formas más corrientes de parentesco, o sean:

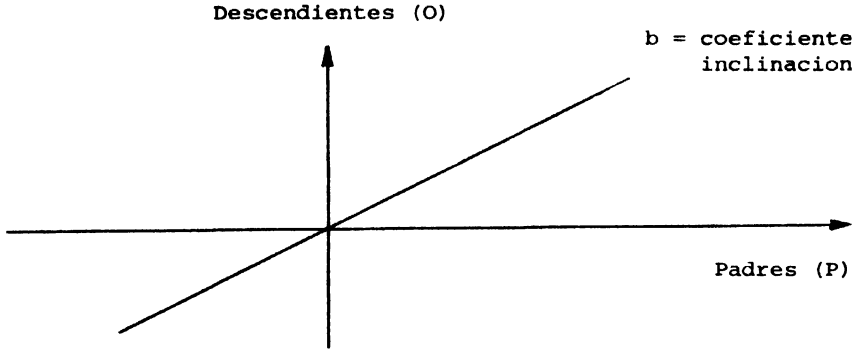
1º La descendencia y uno de los padres (el otro tomado al azar en la población),

2º La descendencia y los dos padres conocidos,

3º Semi-hermanos,

4º Hermanos.

La concordancia entre los padres y sus descendientes puede indicarse por la inclinación (b) de la regresión de padres-hijos:



b (coeficiente de inclinación) se estima como $\frac{SP_{PO}}{SS_P} = \frac{COV_{PO}}{\sigma^2_P}$

P = padres
O = descendientes

SP = suma de los productos
SS = suma de los cuadrados

La concordancia <u>entre hermanos</u> puede indicarse mediante la magnitud

$$t = \frac{\sigma^2_B}{\sigma^2_B + \sigma^2_W}$$

σ^2_B = Varianza entre grupos de hermanos

σ^2_W = Varianza entre individuos dentro de los grupos de hermanos.

Ahora se desea poder ligar los componentes observados con los componentes causales, o sea buscar las relaciones entre los valores observados de b y t y los componentes causales V_A y V_P.

Es posible deducir estas relaciones para los parentescos arriba señalados, y a continuación damos un ejemplo, o sea el parentesco de progenie y uno de los padres conocidos.

La concordancia está indicada por el coeficiente $b = \frac{COV_{PO}}{\sigma^2_P}$

Según la definición 2 del valor reproductivo de un individuo la media m (progenie) es igual a 1/2 A,
o sea que la covarianza debe calcularse entre uno de los padres (con el valor = G) y la media de la progenie (con el valor = 1/2 A).

$Cov_{PO} = Cov(G, 1/2\ A) = Cov(A + D, 1/2\ A)$

$SP_{PO} = \xi(A + D)(1/2\ A) = 1/2\xi AD + 1/2\xi A^2$

Suponiendo que A y D son independientes, la suma de sus productos es A • D = O.

$$Cov_{PO} = \frac{SP_{PO}}{(n-1)} = \frac{1/2\xi A^2}{(n-1)} = 1/2\ V_A \quad ; \qquad b = 1/2\ \frac{V_A}{V_P} \quad ;$$

Igualmente se puede deducir la interpretación genética de los demás parentescos. Los resultados están sintetizados en el esquema siguiente:

Parentescos	Concordancia observada	Interpretacion genetica
La descendencia y uno de los padres	b	$1/2\ \frac{V_A}{V_P}$
La descendencia y los dos padres conocidas	b	$\frac{V_A}{V_P}$
Semi-hermanos	t	$1/4\ \frac{V_A}{V_P}$
Hermanos	t	$\frac{1/2\ V_A + 1/4\ V_D}{V_P}$

HEREDABILIDAD

El concepto de heredabilidad de un carácter denomina la proporción de la varianza total que se debe a la acción de los genes.

Se utilizan 2 conceptos de heredabilidad que se definen en la siguiente manera:

1º heredabilidad en su sentido más amplio $h^2_{b.s} = \frac{V_G}{V_P}$

2º heredabilidad en su sentido más estricto $h^2_{n.s} = \frac{V_A}{V_P}$

Es importante notar que la heredabilidad no es ninguna magnitud fija, sino que depende tanto de la población como del medio ambiente. Por consiguiente, la indicación de una heredabilidad siempre debe ir acompañada de una indicación del medio ambiente de los componentes.

Como regla general podemos decir que las heredabilidades de rodales corrientes son relativamente baja· debido a que el medio ambiente tiene una importancia relativamente grande para el valor fenotípico del individuo. En cambio, la heredabilidad puede ser bastante elevada en ensayos bien planificados.

Como queda mencionado anteriormente, se puede realizar una interpretación genética de los coeficientes de regresión observados (progenitor-progenie) o coeficientes entre clases (entre hermanos). En forma igual, los coeficientes observados pueden usarse como estimaciones de heredabilidad. A continuación damos un resumen de las relaciones entre los coeficientes y $h^2_{n.s.}$ en los 4 parentescos siguientes:

1º	La descendencia y uno de los padres	$b = 1/2\ h^2$
2º	La descendencia y los dos padres	$b = h^2$
3º	Semi-hermanos	$t = 1/4\ h^2$
4º	Hermanos	$t > 1/2\ h^2$

Normalmente la heredabilidad está ligada a individuos, pero tanto heredabilidad de familia como heredabilidad dentro de la familia pueden estimarse a base de las líneas directrices descritas al principio del presente párrafo. Las heredabilidades de familia son más elevadas que las correspondientes heredabilidades de individuo, visto que utilizando valores de promedio (promedio de familia) se consigue una reducción importante del componente del efecto del medio ambiente.

A continuación señalamos cómo se puede calcular la heredabilidad a base de los resultados de un ensayo de progenie. El ensayo comprende grupos de semi-hermanos, y está dispuesto como un diseño de bloques al azar. Para el cálculo se utilizan los componentes de varianza descritos en el siguiente esquema de análisis de varianza.

Fuente de variacion	gl	Componentes de varianza
Descendencias (d)	n-1	$\sigma^2 + r\cdot\sigma^2_d$
Blocques (b)	r-1	$\sigma^2 + n\cdot\sigma^2_b$
Residual	(n-1)(r-1)	σ^2
Total	rn-1	

Tratándose de grupos de semi-hermanos, la varianza entre los grupos puede interpretarse como 1/4 V_A , o sea que

$$\sigma_d^2 = 1/4\ V_A \quad ; \quad V_A = 4\sigma_d^2 \quad ; \quad V_E = \delta^2/r$$

Si suponemos que no hay dominancia, la varianza fenotípica puede escribirse como sigue: $V_P = V_A + V_E$.

$$h^2_{n.s.} = \frac{V_A}{V_P} = \frac{V_A}{V_A + V_E} = \frac{4\sigma_d^2}{4\sigma_d^2 + \sigma^2/r}$$

CAPACIDAD DE COMBINACION GENERAL Y ESPECIFICA

La varianza entre familias anteriormente ha sido dividida en componentes genéticos denominados componentes causales. Sin embargo, la varianza entre familias también puede dividirse en los 2 componentes siguientes, que pueden observarse:

1º Capacidad de combinación general **CCG**

2º Capacidad de combinación específica **CCE**

La **CCG** de un individuo se define como la media de progenie resultante de cruzamiento con varios otros individuos. La **CCE** de dos individuos determinados se define como la desviación de sus descendientes de la **CCG** promedia de los dos individuos.

La media de una progenie entre dos individuos X y Y por consiguiente puede describirse como sigue:

$$M_{XY} = CCG_X + CCG_Y + CCE_{XY}$$

En consecuencia, la varianza entre cruzamientos puede analizarse en dos componentes: La varianza de la capacidad de combinación general y la varianza de la capacidad de combinación específica. Esta última aparece en los análisis estadísticos como el componente de interacción.

del valor reproductivo
De la definición núm. 2/se desprende que la **CCG** es igual a la mitad del valor reproductivo del individuo.

La capacidad de combinación específica depende únicamente de la varianza genética no aditiva.

El conocimiento de la **CCG** y la **CCE** es importante para la selección y combinación de material para la producción futura de semillas.

La **CCG** y la **CCE** pueden calcularse a base de diseños de cruzamientos que detallaremos en un artículo posterior, y a continuación damos solamente un ejemplo del cálculo de la **CCG** y la **CCE**

- 1º Valores medios de 4 progenies:

Padres	1	2	Promedio
3	20	60	40
4	30	90	60
Promedio	25	75	50

2º Desviaciones del promedio total de los descendientes y cálculo de la **CCG**

Padres	1	2	**CCG**
3	- 30	10	- 10
4	- 20	40	10
CCG	- 25	25	0

—3º Cálculo de la **CCE** mediante la ecuación

$$\mathbf{CCE}_{13} = -30 - (-25) - (-10) = 5$$
$$\mathbf{CCE}_{23} = 10 - 25 - (-10) = -5$$
$$\mathbf{CCE}_{14} = -20 - (-25) - 10 = -5$$
$$\mathbf{CCE}_{24} = 40 - 25 - 10 = 5$$

SELECCION Y GANANCIA GENETICA

Parte de los citados parámetros genéticos, incluyendo especialmente la heredabilidad, tiene gran importancia para la selección y estimación de la ganancia genética obtenida en la selección.

La fuerza de la selección en una población puede expresarse como el diferencial de selección S que indica la diferencia entre la media de la población y la media de la fracción seleccionada o bien como la intensidad de selección i que se expresa mediante la fórmula $i = \frac{S}{\sigma_p}$, siendo σ_p igual a la dispersión fenotípica de la población.

Si en una población seleccionamos a los mejores individuos como padres de la próxima generación, podemos expresar la ganancia genética (R) como el desplazamiento de la media entre l s progenies de los individuos seleccionados y la población entera.

La propagación vegetativa ha sido utilizada ampliamente en la mejora genética, entre otras para:

(a) En el establecimiento de huertos semilleros clonales

(b) En el establecimiento de bancos clonales, donde se efectúan trabajos de polinización dirigida, por la facilidad que representa tener flores a poca altura

(c) En la propagación de productos especiales de mejora: híbridos excepcionales (ejemplo heteróticos) que se pierden por reproducción sexual, híbridos estériles, etc.

(d) Propagación de plantas seleccionadas a escala grande.

Su utilidad, depende entre otros factores de:

(a) Facilidad de manipulación de las especies. Muchas son de difícil propagación vegetativa, otras son sumamente fáciles. Ello a menudo incide en los costos de producción ya sea para establecimiento de huertos ó para producción a escala de material de plantación.

(b) Control de desarrollo de las partes propagadas. En algunos casos se presenta el fenómeno de la topofisis, el cual se manifiesta en un desarrollo de la parte propagada, influenciado por la parte del árbol de donde proviene, por ejemplo, ramas laterales a veces en su crecimiento siguen la tendencia hacia el sentido horizontal.

Otro fenómeno que afecta al desarrollo es la incompatibilidad en injertos, en los cuales, a veces después de uno ó más años de establecido el injerto, hay rechazo de las partes unidas.

TERMINOLOGIA GENERAL

El árbol original del cual se extraen las partes a propagar es el ortet. Cada parte ya propagada es un ramet. El conjunto de ramets de un mismo ortet es el clon. Las diferencias observadas entre árboles propagados por el mismo método se denomina variación clonal.

METODOS

En general, tenemos tres métodos de propagación vegetativa: esquejes ó estacas, acodos e injertos.

Las estacas son secciones separadas del árbol y puestas a enraizar en un medio apropiado.

Los acodos son secciones del árbol en las cuales se provoca enraizamiento, para luego separarlas del mismo.

Los injertos son plantas obtenidas por soldadura de una parte proveniente del árbol a propagar sobre otra parte que posee su raíz propia.

Desde el punto de vista práctico aplicado de la mejora, los métodos más usados son las estacas y los injertos. Los ácodos pueden ayudar en casos especiales como medida transitoria.

Estacas

Pueden ser de leño y de hojas. Las primeras son provenientes de ramas ó del fuste y son más importantes en el campo forestal. Las hojas son más características en plantas ornamentales, particularmente aquellas de consistencia carnosa.

Es el método más económico de propagación vegetativa en especies con buenas reservas de tejido acuífero, ejemplo Bombacaceae.

El enraizamiento depende entre otros factores de la edad de la planta, condición de la estaca, el tiempo de recolección, medio de enraizamiento y tratamientos especiales.

En cuanto a la edad, es difícil de controlar en bosques naturales tropicales, pero pueden usarse como guía las dimensiones del árbol, particularmente el diámetro. Arboles muy corpulentos, más de 50 cm de diámetro, normalmente son viejos y consecuentemente de difícil enraizamiento; cuando se logra, a veces el sistema radicular es pobre en desarrollo. La mejor propagación se logra con árboles jóvenes pero esto a menudo choca con propósitos específicos, como por ejemplo, la producción de flores, frutos y semillas.

En cuanto a la condición de la estaca, las muy lignificadas brotan con dificultad y enraizan más difícilmente. Estacas muy herbáceas tienden a ser muy susceptibles al destacamiento. Por lo tanto, deberá tomarse una condición intermedia, particularmente cuando se planta directamente en el campo. Una guía para el tiempo de recolección es el estado de actividad de la planta; la época más favorable es cuando comienza la mayor actividad de desarrollo de las yemas en el árbol. Esto coincide en zonas bajas tropicales de Venezuela con el comienzo de las lluvias (marzo a abril).

El medio de enraizamiento debe garantizar una humedad suficiente, sin excesos, lo que normalmente se logra con una textura media, semi-arenosa, y una humedad del aire (relativa ó precipitación) adecuada. Esto es de fácil control en condiciones artificiales, pero en el campo sólo puede garantizarse en época de lluvias.

En cuanto a tratamientos, son útiles para trabajos en pequeña escala (aún para huertos), usando promotores de enraizamiento, tales como ácidos indolacético, indolbutílico, naftalenoacético, etc, en forma comercial (productos en polvo como Rootone, Hormodin, Hormonagro, etc) ó en forma pura (soluciones de 100 a 1 000 p.p.m.).

Después de plantada la estaca, la superficie superior, si es sitio de corte, debe protegerse con una sustancia que reduzca la evapotranspiración.

Injertos

Estos involucran la recolección de una parte vegetativa del árbol padre (púa ó injerto) y su adhesión a una parte con raíz propia (patrón ó portainjerto), para que ocurra la soldadura de tejidos.

Según las relaciones taxonómicas entre patrón y púa, tenemos los injertos heteroplásticos, si son de especies diferentes (ejemplo, Cedrela odorata en C. angustifolia) y homoplásticos si son de la misma especie. Este último incluye los autoplásticos, sin son del mismo genotipo.

Según la posición de la púa, tenemos los injertos de tope y los laterales, según se inserte por encima ó de lado del patrón.

Los injertos de tope, involucran un destope del patrón, lo que en muchos casos ocasiona una reducción drástica del follaje de la planta. Es usado en muchas latifoliadas.

Los injertos laterales permiten mantener un follaje adecuado en el patrón, y ha sido usado mucho en coníferas donde el factor humedad es más importante.

Para diseños esquemáticos de algunos tipos de injertos comunmente usados en la injertación de árboles forestales véanse Anexo 1. Una descripción buena y detallada, paso a paso, de injertos y acodos con referencia especial a pinos, se encuentra en Dorman (1976).

Los cortes deberán hacerse con navajas de injertar, las cuales deberán mantenerse limpias y afiladas en su parte cortante, a fin de asegurar un corte parejo y no ser foco de infecciones. Estas navajas poseen además una orejita de metal ó caucho rígido para la separación de corteza en el injerto de yema.

Al momento del corte, éste debe hacerse en forma rápida y uniforme, lo cual, ayudado por un filo adecuado, permite un corte limpio y parejo.

La unión entre púa y patrón debe asegurarse con un material fuerte pero un tanto flexible, que no estrangule el sitio de unión. Comúnmente se usa una cinta plástica semi-elástica, llamada cinta de injertar, lo cual puede contener también un compuesto fungicida para prevenir ataques de hongos en el sitio de unión.

Para trabajos directamente en el campo, se debe proteger efectivamente al injerto para reducir el desecamiento de la púa. Esto a menudo consiste de una envoltura doble. La envoltura interna es una bolsa de plástico, que ayuda a retener humedad y la externa es una bolsa de tela ó papel no transparente que evita la llegada directa de los rayos solares. Como primera precaución es recomendable injertar con ambiente nublado y un tanto húmedo.

La selección de la púa debe tomar en cuenta principalmente su condición de desarrollo. Se debe buscar yemas que aún no adquieran total diferenciación, pero con actividad plena, lo cual puede controlarse con el tamaño de las mismas y la época de recolección (poco pronunciada y a comienzos de la época de crecimiento vegetativo).

La púa puede ser la misma yema con parte de corteza para asegurarla al patrón, ó puede ser una parte de rama con una ó más yemas. En este último caso la parte de rama, debe no ser ni herbácea ni muy lignificada (idealmente de un segundo año de crecimiento).

Se debe tomar también la precaución de que la púa, de no injertarse de inmediato, se mantenga en sitio húmedo y frío por un tiempo de no más de dos días.

El patrón debe ser un material saludable y joven. La guía principal es la afinidad en grosor entre púa y patrón. Se prefieren diámetros entre 0,5 y 2 cm, para lograr buena pega.

Acodos

A menudo una especie puede ser de difícil propagación por estacas y presentan problemas con la injertación. En este caso se puede probar con acodos. El procedimiento consiste en provocar una herida en una sección del árbol y cubrirla con un medio, que favorezca el mantenimiento de humedad (musgo, barba de palo, estopa, tierra, etc.). En el proceso de cicatrización se produce la formación de callosidad, de la cual se pueden derivar raíces adventicias.

Este proceso es ayudado por el uso de compuestos hormonales similar al caso de las estacas.

Los acodos más comunes son los aéreos, en los cuales la cubierta es un medio diferente de tierra y se realizan a cierta altura de la planta sobre el nivel del suelo. Cuando se dispone de ramas largas, bajas y flexibles, estas se pueden introducir en la tierra; tenemos entonces los acodos terrestres. Usualmente la parte propagada es una rama, pero en ciertas especies (ejemplo, Platymiscium sp.), el molestar las raíces, puede provocar brotación de las mismas, constituyéndose en un tipo de acodo por cuanto no hay separación de las mismas del tallo.

Entre los factores a considerar, tenemos lo visto para las estacas, recomendándose ramas con dimensiones de 1 a 2 cm de diámetro.

Uno de los mayores problemas de éste método lo constituye el trasplante, lo que a menudo resulta en pérdidas considerables. Es recomendable un primer trasplante a un medio bastante suelto (arenoso) para propiciar adaptación de raíces. Posteriormente se puede trasplantar a un medio más compacto.

Cultivo de tejidos

Otra forma de propagación vegetativa consiste en el cultivo de tejidos, a partir de células con potencial de actividad mitótica, en un medio apropiado bajo condiciones asépticas. El método ha sido probado con variados grados de éxito en gimnospermas y angiospermas, pero todo hace pensar que el método es factible de adaptar a muchas especies forestales. La gran ventaja es que se necesita sólo una porción de material muy pequeña. La desventaja principal está referida a las condiciones muy controladas de trabajo y a las mismas limitaciones que en estacas, injertos, etc. (por ejemplo, variación genotípica en la facilidad de propagación).

INCOMPATIBILIDAD VEGETATIVA

Uno de los primeros problemas que se presentan en la injertación es el fenómeno de la incompatibilidad, que se manifiesta en un rechazo de la púa por el patrón. A menudo éste rechazo es sólo la manifestación de un mal apareamiento de superficies de corte (por ejemplo, cortes irregulares hacen que los puntos de contacto sean mínimos). En otros casos, sin embargo, el rechazo es una indicación de condiciones inherentes a diferencias genéticas, a nivel sómático, de los tejidos. Este fenómeno puede ser de ocurrencia temprana, lo cual incide en la necesidad de realizar más injertos para cubrir una cuota dada: con el clon ó (clones) problema(s) ó cambiarle(s). Más problemática es la incompatibilidad tardía ó dilatada, que puede reflejarse hasta uno ó más años después de establecidos los injertos en el campo, lo que presupone pérdidas mayores; por ejemplo, de productividad en el caso de huertos semilleros.

En muchas especies se han detectado evidencias externas que sirven de guía a la presencia de incompatibilidad. Ellos incluyen: (a) fallas consistentes tempranas con árboles particulares, (b) tasa desigual de crecimiento de púa y patrón, (c) sobrecrecimiento en, por encima ó por debajo de la zona de unión, y (d) anormalidades en coloración y desarrollo foliar de la púa.

Los tres últimos son características de la incompatibilidad dilatada y se expresan en períodos variables entre seis meses y diez años después de establecido el injerto.

Este fenómeno se ha encontrado no sólo a nivel heteroplástico, lo cual se esperaría por diferencias manifestadas a nivel taxonómico, sino también a nivel homoplástico, ó sea dentro de la misma especie; en este último caso está más ligado a diferencias de procedencias ó fuentes geográficas. Una forma de controlar el fenómeno es buscar la mayor afinidad posible entre la plántula que sirve de patrón y el árbol del cual provienen las púas a fin de que haya la mayor afinidad histológica posible.

Es de notar que no existe un método mejor de injertación, sino que ha menudo éste depende de la habilidad demostrada por el injertador con un método específico. Diversas pruebas han demostrado distintos grados de dificultad en manipulación de púa y patrón, pero los resultados finales han sido prácticamente iguales en el porcentaje de pega, se presentan abajo.

Características de propagación vegetativa de algunas especies forestales en Venezuela:

Especie	Facilidad de propagación vegetativa
Bombacopsis quinata	MF
Cedrela odorata	M-F
Tabebuia rosea	M-F
Swietenia macrophylla	D
Anacardium excelsum	M-D
Pithecelobium saman	MD
Podocarpus rospigliosii	D-MD
Cordia alliodora	M-D
Cordia apurensis	M-D
Podocarpus oleifolius	M
Hura crepitans	M-F
Tectona grandis	F
Gmelina arborea	F
Pinus caribaea v. hondurensis	M-F
Pinus oocarpa	M-F
Pinus radiata	M-F
Pinus patula	M-F

N.B. MF = Muy fácil, porcentajes por encima del 80%
F = Fácil, porcentajes promedios 60%
M = Moderada, porcentajes promedios 40%
D = Difícil, porcentajes hasta 20%
MD = Muy difícil, porcentajes usualmente 0%

Especies entre 2 clases, presentan gran variabilidad clonal.

BIBLIOGRAFIA

Dorman, K.W. The Genetics and Breeding of Southern Pines. US Dept.Agriculture, 1976 Agriculture Handbook no. 471. Washington D.C.

Hartman, H. y D. Kester. Propagación de Plantas. Compañía Editorial 1967 Continental, S.A., México. 693 p.

Jett, J.B. Vegetative Propagation. 1969 En Forest Tree Improvement Training Course. N.C. State University, Raleigh, N.C. pp. 217 - 225.

Jett, J.B. Incompatibility. En Forest Tree Improvement Training Course, 1969 N.C. State University, Raleigh, N.C. pp. 226 - 230

Koenig, A. y Melchior, G.H. Propagación Vegetativa en Arboles Forestales. Proyecto 1978 Investigaciones y Desarrollo Industrial Forestales- COL/74/005. PIF no. 9. Bogotá, Colombia.

New Zealand Forest Service. Special Issue on Vegetative Propagation. 1974 N.Z. J. For. Sc. 4(2): 119 - 458.

Quijada, M. y V. Gutiérrez. Estudio sobre la propagación vegetativa de 1972 Especies Forestales Venezolanas. Rev. For. Ven. 21: 43 - 56.

The Swedish University of Agricultural Sciences. Vegetative Propagation of 1977 Forest Trees - Physiology and Practice. Uppsala, Sweden, 159 p.

Wright, J.W. Introduction to Forest Genetics. Academic Press, New York, 1976 463 p.

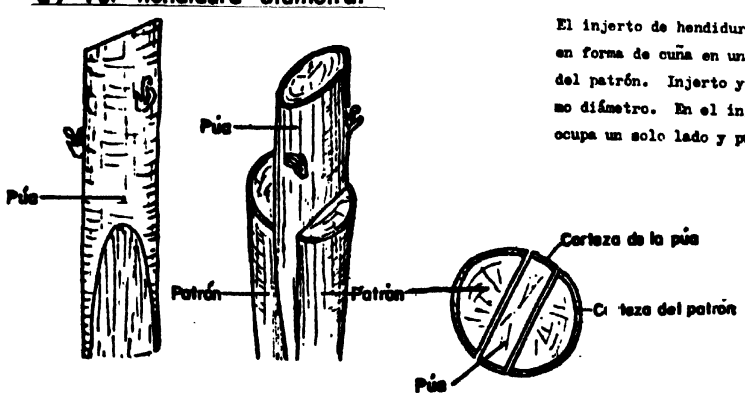
****

ANEXO 1.

METODOS DE INJERTO EN ARBOLES FORESTALES γ

En el injerto los cambium del patrón y de la púa deben coincidir por lo menos por un lado para formar rápidamente nuevos tejidos que unan las dos partes. Los cortes deben ser planos y lisos para que se hiera un mínimo de células. Para obtener estas condiciones se han desarrollado distintos métodos de injerto dependiendo de los diámetros de la púa y de las superficies que van a unirse. Los principales métodos de injertación que se usan para árboles forestales son los siguientes:

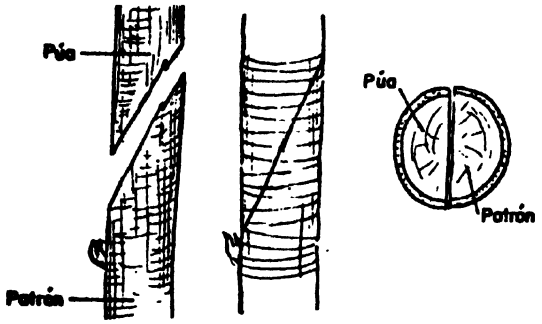
a) Por hendidura diametral



El injerto de hendidura diametral o doble, reune la púa cortada en forma de cuña en una hendidura realizada en la parte apical del patrón. Injerto y patrón deben tener aproximadamente el mismo diámetro. En el injerto de hendidura simple o radial, la púa ocupa un solo lado y puede tener un diámetro inferior al patrón.

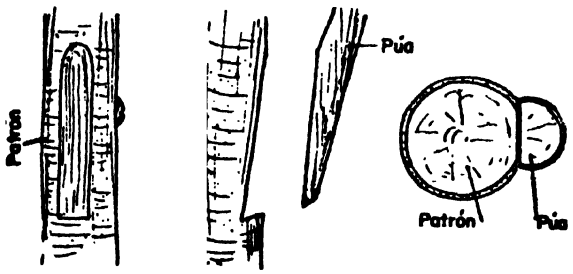
γ De Koenig y Melchior (1978)

b) Por acoplamiento o inglés con lengüeta



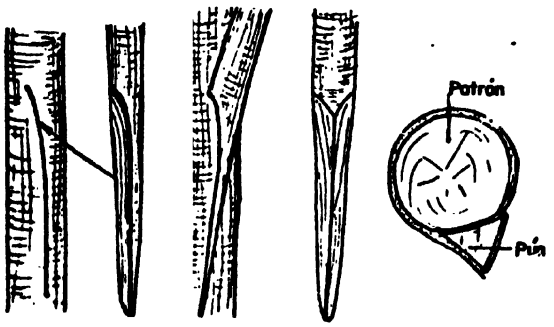
Al unir púa y patrón (diámetros semejantes) por medio de un corte diagonal largo de manera que el patrón coincida en el corte - con la púa, se habla de injerto por acoplamiento o inglés sin o con lengüeta.

c) Lateral de escotadura sobre talón



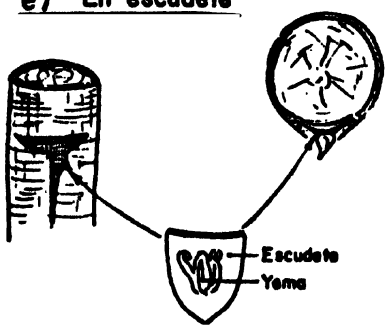
Este método se usa cuando los diámetros de patrón y púa difieren considerablemente. El patrón se prepara mediante un corte tangencial que penetre hasta parte del xilema removiendo dicho corte con otro diagonal. La púa se prepara de tal manera que el corte coincida con la escotadura del patrón.

d) Lateral de púa (triangular) bajo corteza



Este método se usa igualmente para diámetros distintos realizándose el corte sólo en la corteza del patrón. La púa preparada en forma triangular (pie de cabra) se coloca en la apertura.

e) En escudete



La implantación de yemas aplicada en frutales y rosas, denominado injerto de escudete, puede aplicarse en árboles forestales - tropicales, si está a disposición solamente una cantidad reducida de púas o si púa y patrón difieren considerablemente en los diámetros o si los métodos descritos anteriormente no logran el éxito deseado.

SISTEMAS Y DISEÑOS DE CRUZAMIENTO CONTROLADO

Bjerne Ditlevsen
Servicio Nacional Forestal, Dinamarca

INDICE

Introducción

Objeto de la realización de cruzamientos controlados

Autopolinización

Sistemas de cruzamiento con padre desconocido
- Desflorecimiento libre
- Policruzamiento

Sistemas de cruzamiento con padre conocido
- Plan de cruzamiento diálelo completo
- Plan de cruzamiento diálelo modificado
- Plan de cruzamiento diálelo parcial
- Plan de cruzamiento factorial
- Empareamientos de pareja única

Elección del plan de cruzamiento

Bibliografía

INTRODUCCION

Una de las decisiones más importantes a adoptar en relación con los programas de mejora genética que incluyen cruzamientos controlados, es la elección de un sistema de cruzamiento. **Aparte de la selección de árboles, la elección de un sistema de cruzamiento es la única manera en que el mejorador pueda mejorar una población genéticamente variable.**

A continuación describimos una serie de aspectos importantes a contemplar en relación con la elección de un sistema de cruzamiento. En la práctica, sin embargo, muchas veces resulta difícil elegir el sistema más apropiado, ya que muy a menudo concurren varios requisitos diferentes que

no siempre pueden cumplirse completamente mediante un solo sistema, y, por consiguiente, la elección definitiva en muchos casos será una solución intermedia entre muchos deseos. Por último, puede haber limitaciones de tipo práctico y económico.

OBJETO DE LA REALIZACION DE CRUZAMIENTOS CONTROLADOS

Como hemos indicado al principio, son muchos y diferentes los objetos de la realización de cruzamientos controlados, y a continuación detallamos los más importantes relativos a la mejora genética de árboles forestales (Brown, 1977, Roberds, 1969).

1º Determinación de la capacidad de combinación general. Normalmente es difícil estimar el valor reproductivo o capacidad de combinación general de un individuo a base del valor fenotípico del individuo; sólo estudios de los descendientes del mismo nos proporcionarán los conocimientos necesarios de la capacidad del individuo para transmitir sus caracteres buenos a la progenie.

La información sobre la capacidad de combinación general de los individuos en la práctica puede utilizarse para

a. elegir los mejores individuos para los huertos semilleros,
b. aclareo genético en los huertos semilleros existentes,
c. elegir los padres de la progenie que se desea utilizar en la mejora genética futura.

2º Determinación de la capacidad de combinación específica. Datos sobre la capacidad de combinación específica pueden utilizarse en el establecimiento de huertos semilleros de dos clones, lo que permite utilizar un efecto especial en los descendientes de dos individuos.

3º Determinación de la varianza de la capacidad de combinación general y específica.

4º Estimación de la heredabilidad. Tanto los conocimientos de la varianza de la capacidad de combinación general y específica como de la heredabilidad son de gran importancia para el establecimiento del mejor procedimiento de la mejora genética y para optimización, por ejemplo del número de individuos por descendiente y del número de descendientes por clon.

5º Producción de un material para selección de individuos para la próxima generación de huertos semilleros. Podemos suponer que los mejores individuos de un grupo de hermanos son mejores que el promedio de los padres, y, en consecuencia, resulta más conveniente seleccionar los mejores individuos dentro de los mejores grupos de hermanos para su utilizaicón en el huerto semillero futuro.

6º Producción de un material para una mejora continuada. Para elevar la calidad genética más allá del nivel conseguido de un huerto semillero de clones cuya progenie haya sido evaluada, es necesario recombinar los caracteres hereditarios a través de cruzamientos y nuevas selecciones. Este procedimiento puede ser repetido varias veces antes de seleccionar los individuos que van a formar parte de de las generaciones futuras de huertos semilleros. En esta manera es posible ir logrando con el tiempo algunas combinaciones de genes cuya aparición en la naturaleza sea muy rara, pero que presenten grandes ventajas desde el punto de vista de la mejora genética.

7º Estimación de la ganancia genética en la primera generación de huertos semilleros y en las siguientes generaciones. Es conveniente que los que tienen que decidir, pueden recibir información sobre la importancia de la mejora (ganancia genética) conseguida de los huertos semilleros comparados con semillas de rodales y sobre la importancia que se puede esperar del establecimiento del huerto semillero de la próxima generación.

Finalmente, puede ser útil utilizar cruzamientos controlados en el trabajo forestal práctico para conseguir material superior. Por ejemplo puede darse el caso de dos clones que presentan una capacidad de combinación específica muy grande, pero que no tienen épocas de floración simultaneas y que, en consequencia, no pueden ser utilizados en un huerto semillero de dos clones con polinización natural.

El establecimiento de cruzamientos controlados de árboles forestales es un trabajo costoso que requiere mucho tiempo. Por consiguiente, es conveniente muchas veces utilizar diseños de cruzamiento que cumplan simultáneamente varios de los objetivos deseados.

AUTOPOLINIZACION

Autopolinizaciones controladas son estudiadas sobre todo para investigar la autofertilidad. En los huertos semilleros clones autofértiles pueden producir mucha semilla autofecundada, lo cual, a su vez, da plantas de calidad inferior.

La realización de autopolinizaciones controladas también puede formar parte de un programa de intracruzamiento - cruzamiento en que se trata de producir individuos fuertemente intracruzados que luego se cruzan con otros individuos también intracruzados, para lograr en esta manera un efecto de heterosis. El método es conocido ante todo en la agricultura, pero también en la mejora genética de árboles forestales ha habido ensayos del método (por ejemplo con Larix, ver Keiding (1968)). Las posibilidades de utilizar intracruzamientos y cruzamientos en relación con la mejora genética de árboles forestales se discuten por Lindgren (1975).

SISTEMAS DE CRUZAMIENTO CON PADRE DESCONOCIDO

En este párrafo vamos a tratar dos diseños: desflorecimiento libre y policruzamiento.

Desflorecimiento Libre

Después del desflorecimiento libre la semilla normalmente se procura utilizando uno de los dos métodos siguientes:

1º Recolección de semillas de árboles plus seleccionados de un rodal. El árbol plus ha sido fecundado por los demás árboles del rodal, y, además, puede haber muchas semillas autofecundadas.

2º Recolección de semillas de huertos semilleros establecidos. Si el huerto semillero está produciendo, o sea que la plantación producen grandes cantidades de polen, es de suponer que los clones individuales de la plantación han sido fecundados por los demás clones de la plantación o, en su caso, por autopolinización.

En uno y otro caso es grande la inseguridad del parentesco que existe entre las semillas individuales. En los análisis de los resultados de ensayo y en la interpretación posterior es normal suponer que los individuos de la progenie después de desflorecimiento libre son semi-hermanos, o sea que tienen la madre en común, pero padres diferentes.

Ya hemos mencionado que en ciertos casos deben esperarse ciertas cantidades de semilla autofecundada, y, además, es de suponer que algunos de los descendientes son hermanos, o sea que tienen tanto la madre como el padre en co: ún.

La citada inseguridad relativa al parentesco puede traer interpretaciones erróneas, y la desventaja más importante del desflorecimiento libre la representan las dificultades de determinar la capacidad de combinación general debido a que los padres son desconocidos y que varían.

Policruzamiento

Las desventajas del desflorecimiento libre, o sean: el riesgo de autopolinización y fecundación por polen diferente para madres diferentes, pueden ser evitadas mediante el llamado sistema de policruzamiento. En el policruzamiento se efectúa una polinización artificial utilizando una mezcla de polen de gran número de padres (sin embargo, no del clon de la madre). De este modo, se evita la autopolinización, y todas las madres son polinizadas con una mezcla de polen constante.

Entran tantos padres diferentes que efectos de combinación específicos, si los hay, se neutralizan, y, en consecuencia, el policruzamiento es un sistema bueno y barato para determinar la capacidad de combinación general. Sin embargo, hay que mencionar que una polinización no aleatorizada (o sea que polen de ciertos clones es más viable que de otros) puede resultar en estimaciones erróneas de la capacidad de combinación general (Roberds, 1969).

Una cosa característica tanto del desflorecimiento libre como del policruzamiento es que la falta de conocimiento de los padres de los descendientes limita mucho las posibilidades de hacer una selección de la progenie para utilización en la próxima generación de plantitas de semilla. Por un lado es imposible seleccionar de descendientes con un padre de buena calidad, y por otro lado se corre el riesgo de elegir individuos relacionados entre sí por parentesco.

Los sistemas en que los padres son desconocidos, no permiten una evaluación de los eventuales efectos de combinación específicos.

No obstante, las citadas desventajas que tienen los sistemas de padres desconocidos, son compensadas por el hecho de que dichos sistemas son baratos y sencillos de efectuar, y tanto el establecimiento de los ensayos como los análisis estadísticos son fáciles de realizar.

A continuación facilitamos una descripción esquemática del análisis y de la interpretación de un diseño de policruzamiento dispuesto en un ensayo de campo en la forma de un diseño de bloques al azar. La interpretación genética ha sido efectuada en el supuesto de que los individuos de la progenie sean semi-hermanos.

Análisis de varianza:

Fuente de variación	gl	CM	CM esperado
Bloques (b)	b-1		
Familias (a)	a-1	M_1	$\sigma_w^2 + w\sigma_e^2 + bw\sigma_a^2$
Error	(a-1)(b-1)	M_2	$\sigma_w^2 + w\sigma_e^2$
Dentro de parcelas	a·b·(w-1)	M_3	σ_w^2

Interpretación genética:

$$\sigma_a^2 = \frac{M_1 - M_2}{b \cdot w} \quad ; \quad \sigma_a^2 = 1/4\ V_A \quad ; \quad V_A = 4\sigma_a^2 \quad ;$$

$$\sigma_e^2 = \frac{M_2 - M_3}{w} \quad ;$$

$$\sigma_w^2 = M_3 = V_G - \sigma_a^2 + V_{Ew} \quad ; \quad V_P = \sigma_a^2 + \sigma_e^2 + \sigma_w^2$$

$$h^2_{n.s.} = \frac{V_A}{V_P} \quad ;$$

σ_a^2 = Varianza debida a las familias

σ_e^2 = Varianza ambiental entre las parcelas

σ_w^2 = Varianza ambiental entre los arboles dentro de las parcelas

V_A = Varianza aditiva

V_D = Varianza dominante

V_E = Varianza ambiental dentro de las parcelas

V_P = Varianza fenotípica

V_G = Varianza genotípica

SISTEMAS DE CRUZAMIENTO CON PADRE CONOCIDO

En este grupo de sistemas de cruzamiento los descendientes consisten de hermanos, es decir que los individuos de la progenie tienen tanto la madre como el padre en común. Por eso, como regla general se puede esperar tener información mejor de los ensayos de progenie que de la utilización de dichos sistemas de padre desconocido. Sin embargo, los sistemas de control tanto de la madre como del padre son más difíciles de efectuar, y por consiguiente, se han desarrollado distintos diseños más o menos completos, que describimos en detalle a la continuación.

Plan de Cruzamiento Dialelo Completo

La figura 1 muestra un plan de cruzamiento completamente dialelo.

Padres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fig. 1. Plan de cruzamiento dialelo completo. La autopolinización está marcada en la figura.

Este plan de cruzamiento es el mejor posible por incluir todas las posibilidades de cruzamiento, facilitando la información más completa sobre los caracteres genéticos de los clones estudiados.

Este diseño puede facilitar información sobre el efecto de combinación general y específico y sobre sus varianzas. Además, el material constituye el mejor punto de partida de la selección de individuos superiores o de parejas de clones apropiados para plantaciones de dos clonos.

Debido a circunstancias prácticas, este diseño, desgraciadamente, es muy difícil de utilizar. En primer lugar, generalmente se dan clones que producen una cantidad demasiado baja de flores macho o hembra, pero la desventaja más importante es de tipo económico. Un plan de cruzamiento dialelo completo con por ejemplo 20 clones requerirá 400 cruzamientos controlados o 380, si se evitan las autopolinizaciones. Sin embargo, es poco realista pensar que se pueden gastar recursos tan grandes en cada clon , y en su lugar se trata de utilizar un diseño más barato como el descrito a continuación.

Plan de Cruzamiento Dialelo Modificado

Una manera de reducir el plan de cruzamiento y así hacerlo más barato, es la de omitir los cruzamientos recíprocos y las autopolinizaciones, como lo demuestra la figura 2.

Padres									
								8	9	10
1										
2	X									
3	X	X								
4	X	X	X							
5	X	X	X	X						
6	X	X	X	X	X					
7	X	X	X	X	X	X				
8	X	X	X	X	X	X	X			
9	X	X	X	X	X	X	X	X		
10	X	X	X	X	X	X	X	X		

Fig. 2. Plan de cruzamiento dialelo modificado.

Este diseño facilita en gran medida la misma información que indicamos bajo el plan de cruzamiento dialelo completo, pero el material reducido del plan, por supuesto, no proporciona la misma seguridad en los ensayos y las determinaciones de parámetros.

A continuación damos una descripción esquemática del análisis estadístico y de la interpretación genética de un plan de cruzamiento modificado (medio-dialelo) dispuesto como un diseño de bloques al azar.

Análisis de varianza:

Fuente de variación	gl	CM	CM esperado
Bloques	b-1		
Familias	a-1		
CCG	n-1	M_1	$\sigma^2_w + w\sigma^2_e + wb\sigma^2_s + wb(n-2)\sigma^2_g$
CCE	n(n-3)/2	M_2	$\sigma^2_w + w\sigma^2_e + wb\sigma^2_s$
Error	n(n-1)(b-1)/2	M_3	$\sigma^2_w + w\sigma^2_e$
Dentro de parcelas	nb(n-1 (w-1)/2	M_4	σ^2_w

CCG = capacidad de combinación general
CCE = capacidad de combinación específica

Interpretación genética:

$$\sigma^2_g = \frac{M_1 - M_2}{bw(n-2)} \quad ; \quad \sigma^2_g = 1/4\ V_A \quad ; \quad V_A = 4\cdot\sigma^2_g \quad ;$$

$$\sigma^2_s = \frac{M_2 - M_3}{wb} \quad ; \quad \sigma^2_s = 1/4\ V_D \quad ; \quad V_D = 4\cdot\sigma^2_s \quad ;$$

$$\sigma^2_e = \frac{M_3 - M_4}{w} \quad ;$$

$$\sigma^2_w = M_4 = V_G - \sigma^2_g - \sigma^2_s + V_{Ew} \quad ; \quad V_P = \sigma^2_g + \sigma^2_s + \sigma^2_e + \sigma^2_w$$

Plan de Cruzamiento Dialelo Parcial

Este diseño se distingue de los planes dialelos completo y modificado en que un clon no ha sido cruzado con todos los demás clones. El diseño puede tener una serie de conformaciones diferentes (Braaten, 1965) y en la figura 3 indicamos 2 tipos diferentes.

Padres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		X	X	X	X					
2			X	X	X					
3				X	X					
4					X					
5										
6							X	X	X	X
7								X	X	X
8									X	X
9										X
10										

Diseño dialelo parcial desconectado.

Padres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1					X	X					
2						X	X				
3							X	X			
4								X	X		
5									X	X	
6										X	X
7	X										X
8	X	X									
9		X	X								
10			X	X							
11				X	X						

Diseño dialelo parcial de Brown (Kempthorne & Curnow, 1961)

Fig. 3. Planes de cruzamiento dialelo parcial.

Como puede esperarse, estos diseños son menos eficaces que el diseño dialelo completo y el diseño dialelo modificado, pero en cambio resulta posible ensayar gran número de descendientes a un costo no muy grande. Desgraciadamente, valores faltantes, que casi no pueden ser evitados en grandes planes de cruzamiento, complicarán considerablemente el trabajo de cálculo en la mayoría de los casos.

Como ilustramos en la figura 3, existen varios diseños diferentes en el grupo de diseños dialelos parciales, y a continuación facilitamos el análisis de uno de los usados más frecuentemente, o sea: el diseño dialelo parcial desconectado.

Análisis de varianza:

Fuente de variación	gl	CM	CM esperado
Bloques	b-1		
Dialelos	d-1		
Bloque x Dialelo	(b-1)(d-1)		
Familias dentro de dialelos	d·(c-1)		
CCG	d·(p-1)	M_1	$\sigma_w^2 + w\sigma_e^2 + bw\sigma_s^2 + bw(n-2)\sigma_g^2$
CCE	dp(p-3)/2	M_2	$\sigma_w^2 + w\sigma_e^2 + bw\sigma_s^2$
Error	d(b-1)(c-1)	M_3	$\sigma_w^2 + w\sigma_e^2$
Dentro de parcelas	dbc·(w-1)	M_4	σ_w^2

Interpretación genética:

$$\sigma_g^2 = \frac{M_1 - M_2}{bw(n-2)} \quad ; \quad \sigma_g^2 = 1/4\ V_A \quad ; \quad V_A = 4\cdot\sigma_g^2 \quad ;$$

$$\sigma_s^2 = \frac{M_2 - M_3}{bw} \quad ; \quad \sigma_s^2 = 1/4\ V_D \quad ; \quad V_D = 4\cdot\sigma_s^2 \quad ;$$

$$\sigma_e^2 = \frac{M_3 - M_4}{w}$$

$$\sigma_w^2 = M_4 = V_G - \sigma_g^2 - \sigma_s^2 + V_{Ew} \quad ; \quad V_P = \sigma_g^2 + \sigma_s^2 + \sigma_e^2 + \sigma_w^2$$

Plan de Cruzamiento Factorial

En este diseño se cruza una cantidad de clones de madre con el mismo conjunto de clones de padre. Muchas veces se trata de un número pequeño de padres, también denominados "common testers". Este diseño también puede considerarse como una especie de diseño dialelo completo que comprende todas las combinaciones de un conjunto de madres y otro conjunto de padres, ver la figura 4.

Padres	1	2	3	4
5	X	X	X	X
6	X	X	X	X
7	X	X	X	X
8	X	X	X	X
9	X	X	X	X
10	X	X	X	X
11	X	X	X	X
12	X	X	X	X

Fig. 4. Plan de cruzamiento factorial.

El diseño se utiliza mucho en los Estados Unidos bajo la denominación North Carolina II. Normalmente se utilizan 4 padres diferentes para el plan de cruzamiento, pero como regla general, el número de padres del plan debe depender de la importancia de los efectos de combinación específicos. Si es probable que haya efectos de combinación específicos importantes, la estimación de la capacidad de combinación general de las madres puede resultar muy errónea si se utiliza un número demasiado bajo de padres.

Visto que el diseño muy a menudo comprende muy pocos padres y visto que un mismo clon no aparece como madre y padre, es difícil comparar las capacidades de combinación general de las madres y de los padres.

Además, es difícil hacer una selección de la progenie para la próxima generación de huertos semilleros, ya que los individuos seleccionados, especialmente en el caso de utilizar pocos padres, muy a menudo están relacionados entre sí por parentesco.

Una ventaja de este diseño es que su realización es sencilla y así, relativamente barata, al mismo tiempo que resulta fácil el análisis de los resultados. A continuación facilitamos un resumen esquemático de un diseño factorial.

Análisis de varianza:

Fuente de variación	gl	CM	CM esperado
Bloques	b-1		
Padres	m-1	M_1	$\sigma^2_w + w\sigma^2_e + bw\sigma^2_{mf} + bwf\sigma^2_m$
Madres	f-1	M_2	$\sigma^2_w + w\sigma^2_e + bw\sigma^2_{mf} + bwm\sigma^2_f$
Padres x Madres	(m-1)(f-1)	M_3	$\sigma^2_w + w\sigma^2_e + bw\sigma^2_{mf}$
Error	(mf-1)(b-1)	M_4	$\sigma^2_w + w\sigma^2_e$
Dentro de parcelas	bmf•(w-1)	M_5	σ^2_w

Interpretación genética:

$$\sigma^2_m = \frac{M_1 - M_3}{bwf} \quad ; \quad \sigma^2_m = 1/4\ V_A \quad ; \quad V_A = 4 \cdot \sigma^2_m \quad ;$$

$$\sigma^2_f = \frac{M_2 - M_3}{bwm} \quad ; \quad \sigma^2_f = 1/4\ V_A \quad ; \quad V_A = 4 \cdot \sigma^2_f \quad ;$$

$$\sigma^2_{mf} = \frac{M_3 - M_4}{bw} \quad ; \quad \sigma^2_{mf} = 1/4\ V_D \quad ; \quad V_D = 4 \cdot \sigma^2_{mf} \quad ;$$

$$\sigma^2_e = \frac{M_4 - M_5}{w} \quad ;$$

$$\sigma^2_w = M_5 = V_G - \sigma^2_m - \sigma^2_f - \sigma^2_{mf} + V_{Ew} \quad ; \quad V_P = \sigma^2_m + \sigma^2_f + \sigma^2_{mf} + \sigma^2_e + \sigma^2_w \quad ;$$

Empareamientos de Pareja Unica

En este sistema cada clon entra una sola vez como madre o como padre.

El sistema es especialmente favorable si el objeto es el de producir una población para selección de individuos para nuevos huertos semilleros o para utilización en el trabajo continuo de mejora génética.

Otra ventaja de la utilización de empareamientos de pareja única es que en un mismo plan se puede ensayar gran número de clones y que normalmente es muy caro producir descendientes a base de cruzamientos controlados.

En cambio, las posibilidades de estimar la capacidad de combinación general y de estimar la varianza de la capacidad de combinación general y específica normalmente no son muy grandes. Si no son importantes los efectos de combinación específicos, una estimación hecha rápidamente de las capacidades de combinación general, sin embargo, puede ser utilizada para separar los peores de los clones ensayados. Si por otro lado son de gran importancia los efectos de combinación específicos, este diseño puede ser utilizado para seleccionar las mejores combinaciones de clones para utilización en plantaciones del tipo de dos clones.

ELECCION DEL PLAN DE CRUZAMIENTO

La elección definitiva de un plan de cruzamiento en primer lugar dependerá del objeto de los cruzamientos controlados tal como lo hemos descrito en el primer párrafo del presente artículo. Las ventajas y desventajas de los distintos sistemas y diseños de cruzamiento han sido tratadas brevemente en los párrafos anteriores, y facilitamos un resumen de conjunto de los aspectos más importantes en la tabla 1. Lindgren (1977) y Buijtenen (1976) han dado análisis más detallados de los distintos diseños.

Aparte de los problemas tratados que son de importancia en relación con la elección de un plan de cruzamiento, puede plantearse una serie de problemas de tipo práctico en relación con la realización de series grandes de cruzamiento. Podemos citar las diferencias entre los clones en lo que se refiere a su época de floración.

Además, podemos citar los problemas relativos a la transmisión del plan de cruzamiento a un diseño de campo. Si es posible, debe elegirse un diseño de ensayo sencillo y robusto, por ejemplo un diseño de bloques al azar. Con muchos descendientes diferentes, puede resultar necesario, sin embargo, utilizar un diseño incompleto. Ver Braaten (1965).

Tabla 1. Comparación de planes de cruzamiento

Sistema de cruzamiento	Determinación de la CCG	Selección de individuos superiores	Costes	Determinación de varianza de la CCG y CCE
Desfloreci-miento libre	Regular	Posible, pero ineficaz	Bajos	Difícil
Policruza-miento	Muy buena	Muy poca y sólo si la depresión de intracruza-miento es reduci-da	Muy bajos	Determinación buena de la vari-anza de la CCG
Dialelo completo	Excelente	Excelente	Muy altos (imposible en caso de gran número de clo-nes)	Excelente
Dialelo modi-ficado	Excelente	Excelente	Muy altos (imposible en caso de gran número de clo-nes)	Muy buena
Dialelo par-cial	Buena	Muy buena	Regulares	Det. buena de la varianza de la CCG La var. de la CCE puede determinarse, pero es difícil desde el punto de vista del proceso de datos
Factorial	Buena	Sólo en pocos casos y a depre-sión baja de intracruzamiento	Regulares	Buena
Empareamientos de pareja única	Mala	Buena	Muy bajos	Mala

CCG = capacidad de combinación general; CCE = capacidad de combinación específica

B I B L I O G R A F I A

Brown, A.G. 1977 — The Strategy of Tree Improvement. International Training Course in Forest Tree Breeding, Canberra, Australia.

Braaten, M.O. 1965 — The Union of Partial Diallel Mating Designs and Incomplete Block Environmental Designs. Inst. of Statistics. Mimeograph Series No. 432.

Keiding, H. 1968 — Pleliminary Investigations of Inbreeding and Outcrossing in Larch. Silvae Genetica 18(5)..

Kempthorne, O. y Curnow, R.N. 1961 — The Partial Diallel Cross, Biometrics 17.

Lindgren, D. 1975 — Use of Selfed Material in Forest Tree Improvement. Dept. of Forest Genetics, Research Notes 15.

Lundgren, D. 1977 — Genetic Gain by Progeny Testing as a Function of Mating Design and Cost. Third World Consultation on Forest Tree Breeding, Canberra, Australia.

Roberds, J.H. 1969 — Progeny Testing in Forest Tree Breeding, FAO-Norch Carolina State Forest Tree Improvement Training Centre.

Van Buijtenen, J.P. 1976 — Mating Designs, IUFRO Joint Meeting on Advanced Generation Breeding, Bordeaux.

****

Participantes visitando las plantaciones de Pinus caribaea de la CVG en Uverito

HUERTOS SEMILLEROS[γ]

W. H. Barrett
Fiplasto S. A. Buenos Aires, ARGENTINA

CONTENIDO

Introducción

Concepto y diseño

- Definiciones
- Antecedentes históricos
- Planificación y diseño
  - Clones o plantines
  - Número de clones o plantines
  - Distancia inicial de plantación
  - Diseño experimental

Propagación Vegetativa

Establecimiento

- Ubicación
- Preparación del sitio
- Implantación

Manejo y cosecha

- Técnicas culturales
  - Cobertura vegetal
  - Fertilización
  - Podas y raleos
- Protección
- Floración, polenización y manejo del polen
- Cosecha de frutos y semillas
  - Producción de semilla
- Extracción de la semilla y su utilización
- Registro de la información

Bibliografía

γ El texto de este capítulo ha seguido la estructura y contenido del libro "Seed Orchards" editado por R. Faulkner (1975) para el grupo de trabajo S2-03-3 de IUFRO (Unión Internacional de las Organizaciones de Investigación Forestal), con el agregado de información extractada de las conferencias dictadas por D.G.Nikles en Kenya 1974 y A.G.Brown y K.G.Eldridge en Australia en 1977.

INTRODUCCION

La tendencia moderna de producir madera y sus derivados sobre la base del bosque de cultivo, obliga a asegurar la provisión de enormes cantidades de semilla a los efectos de obtener extensas superficies de bosques.

La semilla de calidad adecuada, no siempre se logra en las compras comerciales, como tampoco se puede obtener el volumen necesario para los planes de expansión cada vez mayores de las diferentes regiones forestadoras del mundo.

Por otra parte, el costo de la actividad forestal, desde la preparación del terreno hasta la corta del bosque y extracción de la madera, como así también el factor irrecuperable del tiempo que se invierte hasta la obtención de la madera, obliga a una definición certera y adecuada de la semilla que se deberá utilizar.

A tal efecto, los huertos semilleros, aseguran una cantidad regulada por los mismos forestadores, los cuales pueden confiar y depender de esta producción para sus programas de plantación.

Por lo mismo, el establecimiento de huertos semilleros es aceptado como una actividad forestal necesaria, que debe ser iniciada cuanto antes en los programas de forestación que dependen del abastecimiento de semillas.

CONCEPTO Y DISEÑO

Definiciones

De acuerdo con la definición general de Faulkner (1975), el huerto semillero es el medio mas importante con que cuenta el genetista forestal para producir masivamente semillas para extensas plantaciones mejoradas, sobre la base de árboles selectos.

La clásica definición de Zobel *et al.* (1958) expresa: "un huerto semillero es una plantación de árboles genéticamente superiores, suficientemente aislado para reducir la posible polenización genéticamente inferior, externa, manejado intensivamente para producir semilla de manera frecuente, abundante y fácilmente cosechable. Es establecido por medio de clones (injertos o estacas) o por plantas de progenies de árboles selectos por características deseadas".

En algunos casos se establecen huertos semilleros para producir masivamente semilla de alguna población de la cual es imposible obtener cantidades adecuadas sin estar demasiado interesados en la superioridad genética de los individuos. Por ello, la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico amplía el concepto de huerto semillero para uso del comercio internacional, de este modo (Brown y Eldridge, 1977): "Un huerto semillero es una plantación de clones o progenies de árboles selectos, aislada de modo de reducir la polenización de fuentes externas y manejada para producir semilla de modo frecuente, abundante y fácilmente cosechable".

Antecedentes históricos

Si bien el concepto de huerto semillero se aplicó antes de 1940 a otras especies arbóreas como el árbol del caucho y de la quinina, es recién en 1949 que se implantan los primeros huertos semilleros en Suecia. El uso de esta técnica se intensificó a partir de 1957 en el Sudeste de los Estados Unidos, estando asociado al auge de las forestaciones de pinos, consecuencia del establecimiento de grandes y numerosas empresas papeleras en la región. Tan es así que sólo el Programa Cooperativo de la Universidad de Carolina del Norte asociado con 32 empresas industriales forestales de la región, cuenta con 1700 hectáreas de huertos de pinos, distribuidos en 185 huertos ubicados en tres estados. Esta dimensión está justificada por la necesidad de semilla para un programa anual de 180.000 hectáreas de forestación (Sprague et al, 1978).

El Servicio Forestal de EE.UU. de N.A. registra para 1972 (Wright,1976) alrededor de 3.000 hectáreas de huertos de Pinus taeda y P.elliottii que podrían producir semillas para un mínimo de 300.000 hectáreas anuales de plantación.

Sin embargo, le cabe el honor al Departamento Forestal de Queensland en Australia, de tener el primer huerto semillero en plena producción. El huerto clonal de Pinus elliottii ubicado en Beerwah produce desde 1966 un mínimo de 20Kg de semilla por hectárea y por año, siendo esta semilla la que utiliza este Servicio Forestal para sus plantaciones (Brown y Eldridge, 1977).

Otra especie que ha sido utilizada intensamente en programas forestales en Australia y Nueva Zelanda es Pinus radiata de la que estos países cuentan con 625 hectáreas de huertos clonales de injertos que producen por sobre 4000 Kg de semilla por año (Brown y Eldridge, 1977).

Es a partir de 1975, que tanto en Estados Unidos como en Australia se comienzan a plantar huertos semilleros de segunda generación.

Hasta aquí, casi toda la información obtenida se debe aplicar a Coníferas, especialmente a pinos. La implantación de huertos semilleros de especies forestales latifoliadas es reciente y de menor volumen existiendo algunos antecedentes de Tectona en Nueva Guinea, Tailandia, Nigeria e India y sobre Gmelina en Nigeria. Se debe destacar, sin embargo la actividad que se está desarrollando sobre eucaliptos en Australia, Sudafrica, Maruecos, Portugal y últimamente en Brasil, donde las empresas privadas en forma cooperativa con la colaboración y asesoramiento del IPEF (Instituto de Pesquisas e Estudios Florestais) están desarrollando una importante labor en esta materia.

Como resultado de la experiencia mundial y a pesar de que esta técnica es relativamente nueva, los resultados obtenidos con diferentes especies y en distintas regiones del mundo, indican que los huertos semilleros tienen un enorme potencial para el mayor rendimiento de los cultivos forestales y por lo tanto una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los sitios y economía en la producción forestal.

Planificación y diseño

De manera general, cuando se diseña un huerto semillero, se parte del supuesto que todos los clones o progenies componentes del huerto, florecen en la misma época, se fecundan entre sí libremente, tienen todos la misma producción de polen y óvulos, producen la misma cantidad de semilla, tienen el mismo grado de afinidad al ser injertados, tipo de crecimiento y forma de copa similar etc.

La experiencia existente indica que raramente es así, por lo que para cada especie y para cada región, se deberán estudiar detenidamente estas características y recoger toda información posible sobre el comportamiento de clones, compatibilidad, capacidad combinatoria y toda otra información inherente a la producción de semilla y su comportamiento futuro para que el diseño de los próximos huertos esté beneficiado con el máximo de información posible.

Clones o plantines.

Existe abundante bibliografía que discute el tema (Toda 1964), sobre la utilización de clones o progenies de árboles selectos, pero por lo general se está de acuerdo que sólo en circunstancias especiales es conveniente utilizar las progenies porque a no ser que se trabaje con material de cruzamientos controlados, la descendencia tiene grandes probabilidades de ser inferior a los padres y por otra parte, la selección que se hace en el huerto es aplicable solamente a ese medio. Nikles (1974) concuerda que en determinados casos, el huerto de progenies ocupa un lugar definitivo en programas de mejoramiento, cuando se trabaja con especies que difícilmente enraizan y que pueden florecer y fructificar tempranamente. El mismo autor sostiene que es un error creer que el huerto de progenies es la solución de bajo costo para pequeños programas de mejora genética ya que para realizarlo con éxito se deberá tener un avanzado conocimiento del material y del tema.

Muchos aspectos del establecimiento, diseño y manejo de los huertos semilleros son comunes a los huertos clonales o a los de progenie, pero la mayoría de los antecedentes existentes se refieren a los primeros, realizados básicamente con injertos aunque también se utilizan estacas enraizadas.

En la práctica, se han establecido pocos huertos de progenies de árboles selectos. Este hecho no se debe a conclusiones deducidas sobre la base de estudios genéticos, sino mas bien al temor de utilizar una técnica poco conocida en inversiones de largo plazo.

Número de clones o plantines.

Se ha fijado comunmente de 15 a 20, como el número final de clones o familias para obtener la máxima ganancia genética y evitar el efecto perjudicial de la endogamia. Sin embargo existen buenas razones para establecer inicialmente un número mayor de fenotipos. Tanto la posible incompatibilidad entre injerto y pie, los hábitos florales, como así también la necesidad de ralear clones dejando aquellos con mayor capacidad general combinatoria, justifica iniciar el huerto semillero con un número mayor de clones que de acuerdo con la práctica general puede llegar a 60 y 100 clones.

De acuerdo con Lindgren (1974) se maximiza la ganancia genética utilizando un número menor de clones, siempre que florezcan simultáneamente y que no se utilice la descendencia como productora de semilla. Un número de 5 clones provee suficiente base de variación genética como para asegurar adaptación a diferentes sitios, enfermedades, usos cambiantes de la madera etc.

Un caso extremo de este concepto es el uso de 2 clones de elevada capacidad específica combinatoria, que puede dar la máxima ganancia genética posible de los genotipos conocidos en ese momento.

En cambio, para progenies de árboles selectos, Shelbourne (1969), aconseja iniciar el huerto con mas de 200 familias, sobre las cuales se practicará una intensa selección dentro y entre familias.

Distancia inicial de plantación.

Sobre la base de que la distancia final mas adecuada para la mayoría de las especies en cultivo es de 10 metros entre planta, de acuerdo con la intensidad de selección que se espera realizar o para anticipar la fructificación por una mejor polenización de las plantas, la distancia inicial puede variar desde dos a seis metros; esta distancia, ha sido aplicada con éxito en pinos. Como regla general se puede decir que el espacio entre plantas debe ser lo suficientemente ancho para permitir el libre y completo desarrollo de la copa con un máximo de iluminación para asegurar por varios años una cosecha abundante de frutos antes de que sea necesario ralear.

En muchos casos la distancia mínima está limitada al paso de los equipos mecánicos de desmalezado, cortadoras de cesped, aplicación de herbicidas, fungicidas, o para la recolección de semillas.

Las plantas pueden estar distribuidas en cuadrados, rectángulos o en tresbolillo; Nikles (1974), cita una distribución exagonal que permite una mejor recolección mecánica de semillas; aunque después de la selección y eliminación de los genotipos no deseables la distribución termina siendo completamente irregular.

Diseño experimental.

Tanto para los huertos clonales como para los huertos de progenies, el diseño mas utilizado en el mundo entero es el de bloques completos al azar. La forma y distribución dentro del bloque debe hacerse de modo de asegurar una polenización cruzada donde intervengan todos los clones. Para evitar la posible endogamia, es aconsejable corregir el azar cuando los ramets de un mismo clon estén juntos.

Existen distribuciones sistemáticas dentro del bloque que pueden recomendarse cuando el número inicial de clones se mantiene hasta el final, de otra manera el raleo de clones afecta esta distribución de la misma manera que la distribución al azar.

El tamaño del huerto, está dimensionado por la necesidad de semilla del forestador, o sea en directa relación con el programa anual de forestación que se haya planeado. Para ello se aumentará proporcionalmente el número de bloques de acuer-

do con la cantidad de semilla que la experiencia para la especie y lugar le indiquen.

PROPAGACION VEGETATIVA

Tal como se indicara anteriormente, la mayoría de los huertos se instalan utilizando ramets de clones reproducidos agámicamente. La técnica comunmente desarrollada es la de injertos, utilizando varios métodos que varían con la especie y región.

Algunas especies debido principalmente a la incompatibilidad existente entre pie e injerto, no pueden ser multiplicadas con éxito por este método y por ello se ha recurrido a otras técnicas. Este ha sido el caso en algunas especies de gran cultivo como Pinus radiata, Eucalyptus grandis y Pseudotsuga menziesii, en diferentes regiones del mundo. En algunos casos, la decadencia y muerte del clon ocurre en lapsos mas o menos largos, complicando la operatividad del huerto y postergando las definiciones. En el caso especial de Pinus radiata se resolvió el problema aprovechando su facilidad de enraizar estacas y en Eucalyptus grandis se ha seguido el mismo camino aunque también se ha adoptado el uso de progenies de árboles selectos para implantar huertos semilleros. En el "pino de oregón" se han realizado grandes esfuerzos para mejorar las técnicas de injertos, detectar la incipiente incompatibilidad, reemplazar los injertos deficientes y encontrar pies de mayor comportabilidad. Asimismo en esta especie, se ha derivado en muchos casos a la implantación de huertos semilleros de progenies.

La metodología y técnica de la multiplicación vegetativa, como así también sus problemas, han sido discutidos anteriormente, en otra conferencia.

ESTABLECIMIENTO

Ubicación

A los efectos de la localización del huerto semillero, se deberán tener en cuenta fundamentalmente los siguientes factores: clima y suelo para una alta producción de semilla; aislamiento de fuentes contaminadoras de polen y fácilidad de acceso y cercanía a áreas de trabajo.

El sitio ecológico donde el huerto semillero de una determinada especie, variedad o procedencia sea implantado, debe corresponder a aquél que permita un mejor desarrollo y una máxima fructificación de esa entidad. Tratándose de especies nativas y ubicándose al huerto dentro del área de dispersión de la entidad, es probable que se identifique con facilidad el sitio mas adecuado. Con las especies de cultivo extensivo, existen ya suficientes antecedentes como para reducir el peligro de la elección de un sitio equivocado. Pero para especies o procedencias de reciente introducción y de pocos antecedentes de cultivo en otras regiones, deberá darse prioritaria importancia al estudio del sitio de localización del huerto semillero.

Concerniente al clima, por lo general, no conviene elegir sitios expuestos a

temperaturas extremas ni bajos expuestos a heladas. Algunas especies como Pinus elliottii y P.taeda no parecen ser afectados por ligeros cambios, en cambio P.caribaea es muy sensible a las heladas.

Si bien existen generalizaciones con respecto a la textura, calidad, fertilizidad de los suelos con respecto a una mayor fructificación, cada especie puede tener requerimientos diferentes al respecto.

Con referencia al factor aislamiento, por lo general, en un área, es difícil lograr un aislamiento perfecto que sea teóricamente aceptable, que evite totalmente la contaminación de polen no deseado. Para lograrlo, se debería ubicar el huerto fuera del área forestal o en lugares lejanos o de difícil acceso. La experiencia indica que en huertos con floración y fructificación normal, se puede sacrificar un completo aislamiento a favor de una mejor ubicación del huerto con respecto a la accesibilidad y cercanía a los lugares habituales de trabajo. La distancia mínima aceptada varía con las especies, la topografía, vientos, etc. Se ha encontrado que para Pinus caribaea var hondurensis es suficiente una distancia de 200 metros (Nikles 1974) para lograr un aislamiento adecuado.

Se busca localizar al huerto, en un lugar protegido de vientos, fuego, animales y cercano a lugares de fácil acceso y de trabajo intensivo (p.e.vivero) ya que el huerto exige visitas frecuentes en relación a su manejo, fertilización, riego, poda etc, colección de ramas para su multiplicación, polen, polenización, inspecciones periódicas, y al mismo tiempo permite una mejor protección de todo tipo de agentes. La cercanía a la mano de obra, facilita además la recolección, secado y extracción de la semilla.

Preparación del sitio

El lugar elegido para huerto deberá prepararse siguiendo las técnicas empleadas para efectuar una forestación, pero cuidando de extremar las medidas en cuanto a control previo de roedores, hormigas y otras plagas. El desmonte y limpieza deberá efectuarse con el cuidado que exige un cultivo agrícola intensivo o un monte frutal.

Deberá prepararse de modo de permitir al máximo las labores mecanizadas. Los caminos, cortafuegos etc, deberán ser diseñados desde un principio.

En suelos arcillosos o de menor drenaje, es aconsejable efectuar labores de subsolado en las líneas de plantación. Es aconsejable utilizar suelos con poca o ninguna pendiente, pero si esto no es el caso se recomienda trabajar en curvas de nivel o en casos extremos se deberán efectuar terrazas que reduzcan o impidan la erosión del suelo.

Implantación

Debe ser el objetivo primordial de la plantación, lograr el máximo de sobrevivencia del material plantado. Si se trata de plantas de vivero (progenie de plantas selectas), como así tambien injertos envasados o en terrón, deberá extremarse el cuidado de modo de elegir el momento, por condiciones de clima, humedad del suelo, que permitan dar el máximo de seguridad en el prendimiento, ya que las reposi

ciones en años subsiguientes han demostrado que no son efectivas. Por ello es aconsejable plantar mayor cantidad de ramets a un espaciamiento menor.

En algunas ocasiones, ha resultado ventajoso efectuar la plantación de los futuros pies de injerto en el lugar definitivo y luego injertar "in situ". Esto es especialmente aconsejable, para aquellas especies con dificultades en el trasplante. En este caso es conveniente colocar 2 o 3 plantas para pie de injerto por lugar, para mayor seguridad en caso de fallas de injerto, incompatibilidad o para elegir el mejor injerto etc. Este último método ha resultado exitoso en Queensland, con un 85 a 100% de exito en los injertos de Pinus caribaea y Araucaria cunninghamii y tambien en el Sudeste de USA con Pinus elliottii y P.taeda. Tiene la ventaja de obtener más rápidos crecimientos, la floración se anticipa y se evita los enrulamientos de las raíces (Nikles 1974). Como inconvenientes se citan los de necesitar injertadores de mayor experiencia, obliga a visitas frecuentes para el cuidado a campo de los injertos, no se pueden controlar las condiciones del tiempo (temperatura, vientos).

Por lo antedicho, para especies poco conocidas, climas imprecedibles, o con personal poco experimentado es preferible utilizar material injertado o enraizado en umbráculos o viveros.

MANEJO Y COSECHA

Técnicas culturales

Cobertura vegetal

Si bien en el transcurso del primer año de plantación es aconsejable el desmalezado, especialmente alrededor de los ramets o plantines, la experiencia aconseja que posteriormente es conveniente dejar crecer el pasto natural siempre que no haya especies rizomatosas agresivas o sembrar céspedes que luego se mantienen cortos. Esta práctica reduce o previene la erosión del suelo, es una excelente protección contra el fuego, agrega materia orgánica al suelo y mantiene al huerto en óptimas condiciones de trabajo.

Cuando por sequía se deba eliminar la competencia de las malezas es recomendable la aplicación de herbicidas o el agregado de paja y/o estiercol alrededor de las plantas después de una carpida superficial y nunca una carpida o rastreada profunda que pueda dañar a las raíces.

En áreas con sequías periódicas o en años secos para conservar la humedad del suelo es preferible regar la plantación en lugar de mantener el suelo desnudo (Nikles 1974).

Fertilización

Esta técnica cultural puede ser muy efectiva para el aumento de la producción de semillas en suelos esqueléticos o en suelos pobres. El tipo, cantidad de fertilizante y oportunidad de aplicación puede variar de acuerdo con la especie y sitio. Transcribiremos resumidamente las experiencias citadas por Nikles (1974).

En la región de origen de Pinus elliottii, se aplica un equivalente a un kilo gramo de nitrógeno por árbol (3 Kg de nitrato de amonio) aplicados anualmente a fines de primavera o principios de verano. Cuando el suelo acusa un déficit de fósforo (o sea menos de 8 a 10 Kg de $P_2 O_5$ extraible) y de potasio (con menos de 60 Kg de $K_2 O$ por hectárea) se le aplica anualmente 2,5 Kg de superfosfato de 1 a 1,5 Kg de clorato de potasio por árbol. En casos de elevada acidez o falta de Ca y Mg se incorpora piedra caliza.

En Queensland han obtenido un sensible aumento de la producción al suelo de semillas mediante la aplicación de NPK.

Para Pinus taeda, el Programa Cooperativo de la Universidad del Estado de Carolina del Norte ha llegado a la conclusión que la mejor respuesta a la producción de semilla ha sido la aplicación de fertilizantes (NPK) en años normales de lluvia y la aplicación de riego en épocas de sequía.

En Texas, regulan la aplicación de fertilizantes de acuerdo a los resultados de los análisis foliares para lo cual efectuan recomendaciones específicas. Es practica común aplicar nitrógeno para promover la floración.

Poda y raleos.

La poda y reducción de la copa, como así también los cortes anulares del tronco no han dado los resultados esperados en el aumento de la producción de semillas en especies de fuerte dominancia apical como es el caso en Pinus elliottii, P.taeda y P.radiata. En cambio el arqueo de ramas en P.radiata ha resultado exitoso para reducir la altura en la recolección de conos, como así también la corta del tronco principal para obligar a la planta a producir los conos a menor altura. La poda de ramas bajas es utilizada solamente para facilitar el acceso y movimiento dentro del huerto.

La selección clonal a efectuar en el huerto dependerá fundamentalmente del resultado de las pruebas de progenie por el cual se eliminarán aquellos clones de baja capacidad general combinatoria. También se deberá tener en cuenta la producción de semillas de cada clon. Si el clon no produce semillas pero sí flores masculinas (en pinos) y posee alta capacidad combinatoria no es conveniente eliminarlo. En la selección de clones se tiene ademas en cuenta, el grado de incompatibilidad, y otros factores que produzcan ramets débiles o pocos productivos.

Protección

Tratándose de un cultivo especializado, costoso y de mucha importancia para los programas de forestación, la protección que se da a los huertos semilleros es mucho mayor y mas cuidadosa que la que se aplica a una plantación forestal común. Esto no es difícil ya que el huerto es frecuentemente visitado por personal entrenado que rápidamente puede descubrir algún problema que pueda afectar el normal desarrollo del mismo. Es así que se puede contrarrestar eficientemente el daño de enfermedades e insectos, animales, pájaros, daños producidos por las máquinas en troncos y ramas, daños producidos por viento, helada (o su prevensión).

Fundamentalmente se deberá cuidar o prevenir de los incendios, manteniendo

limpios los cortafuegos, evitando las malezas altas y disponiendo de equipos en condiciones de servicio inmediato.

Asimismo se deberán tomar medidas para evitar la erosión y la excesiva compactación del suelo.

Floración, polenización y manejo del polen

El personal a cargo del huerto semillero necesita un conocimiento profundo de los factores del ambiente que regulan la floración, la fecundación, el movimiento del polen y el grado de endogamia. Estos son aspectos que necesitan ser estudiados con mayor detalle, por lo que se aconseja leer los capítulos 7,8,9 y 11 del libro editado por Faulkner (1975).

Hasta el presente, es poco común utilizar la polenización como práctica corriente para asegurar una correcta fecundación, reduciendo la autofecundación y evitando la contaminación de polen no deseado. Brown y Eldridge (1977), aseguran que con 6 gramos de polen se pueden polenizar 1000 flores; un hombre con un equipo simple puede polenizar 5.000 flores diarias. Sostienen además que con algunos refinamientos esta técnica pronto será parte del manejo de los huertos semilleros, especialmente necesaria cuando son de poca edad.

Cosecha de frutos y semillas

Las técnicas de la cosecha dependen fundamentalmente de las especies, clima donde está ubicado el huerto, condiciones económicas del lugar o país, tamaño del huerto y valor de la semilla. La mecanización de la cosecha se justifica si hay escacez de mano de obra o si ésta es cara o existe la necesidad de una cosecha muy rápida por tratarse de semillas que maduran y se dispersan en corto tiempo, en huertos extensos.

Existen especies de pinos con conos fácilmente caedizos que pueden cosecharse a mano o con los equipos que sacudan los árboles; en cambio existen especies serotinas que no se desprenden fácilmente de la planta. En estos casos se pueden utilizar las plataformas hidráulicas. La experiencia australiana en P.radiata indica que con esta máquina se cosechan 6 Kg por día, cuando a mano se colecta 1.8 Kg de semillas por hombre y por día. (K.Willcocks en Brown y Eldridge 1977). En el Sudeste de USA se esta estudiando la utilización de una aspiradora que permitiría recoger las semillas del suelo de Pinus taeda. Cuando existe corto tiempo para la cosecha por una rápida dehiscencia de los conos o frutos, si se conocen las técnicas para madurar los frutos fuera de la planta, se podría cosecharlos verdes.

En eucaliptos que rebrotan fácilmente y producen semilla abundantemente, Brown y Eldridge (1977), recomiendan cortar el árbol para facilitar la cosecha. En especies de conos serotinos, de poca fructificación y mano de obra costosa, se procede a cosechar cada 2 o 3 años para reducir costos.

Producción de semilla

Varía con la especie, edad de las plantas, composición de clones, sitio, manejo etc. Es importante para cada organización que maneje un huerto, determinar su potencial de producción a los efectos de planear el tamaño del huerto de acuerdo con la dimensión del programa forestal. Según Nikles (1974), un huerto semillero de Pinus elliottii en Queensland de alto rendimiento, produjo 145 libras por acre (aproximadamente 160 Kg por hectárea), pero un rendimiento normal para esa especie en Australia es 75 lbs/acre (83 Kg por hectárea). Para Pinus caribaea var hondurensis la experiencia del huerto de Byfield indica que se puede obtener entre 13 y 34 lbs por acre por año con un promedio en ocho años de 23 lbs (25 Kg por hectárea). Otros huertos mas jóvenes obtuvieron producciones menores de semilla. El rendimiento promedio de Pinus radiata, después de los 10 años es 20 lbs/acre (22 Kg/ha).

En los Estados Unidos de Norte América se estima un promedio de 55 kg por hectárea y año para Pinus taeda especie de mayor rendimiento que P.elliottii.

La semilla de los huertos por lo general es mas grande y tiene mayor porcentaje de germinación y viabilidad que la semilla procedente de bosques espontáneos o de cultivo.

Extracción de semilla y su utilización

Después de cosechados los frutos o conos de un huerto semillero, dado el costo de este material, deberá darse el máximo cuidado a su extracción y a su posterior mantenimiento de modo de asegurar su mayor viabilidad. Por ello deberá extraerse la semilla en condiciones de bajas temperaturas y humedad. La conservación deberá hacerse de acuerdo con los requisitos de cada especie, evitando el ataque de insectos y roedores, desinfectándola convenientemente.

Registro de la información

Es fundamental para el correcto manejo y utilización de un huerto, establecer un sistema de registro donde se anoten entre ogros: Mapas de ubicación de los ramets, tratamientos culturales, fertilización, costos, observaciones fenológicas, incompatibilidad, producción de frutos, producción relativa de semillas de cada clon, etc. La experiencia indica que cuanto mayor información se registre, mejor será el manejo y mantenimiento futuro del huerto.

BIBLIOGRAFIA

Brown A.G. y K.G. Eldridge,1977. Seed orchard design and management. International Training Course in Forest Tree Breeding, Selected Reference Papers,Australian Development Assistance Agency, Canberra, pag.147-154.

Faulkner, R. 1975. Seed orchards. U.K.For.Comm.Bull. N°54. Londres.

Lindgren, D. 1974. Aspects of suitable number of clones in a seed orchard. Proc. Joint IUFRO Meeting 52.o4-1,-2,-3, Estocolmo.

Nikles, D.G. 1974. Seed orchards-concept, design,establishment and management. FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement, Kenya pag.176-195.

Shelbourne, C.J.A.,1969. Tree breeding methods. Tech.Paper N°55, For. Res.Inst. Rotorua, Nueva Zelanda.

Sprague J., J.B.Jett y B.Zobel. 1979. The management of Southern pine seed orchards to increase seed production. Proceedings of A Symposium on Flowering and seed development in trees. Ed. Frank Bonner, US Forest Service, IUFRO, Mississipi State University, Mayo 1978, pag. 145-192.

Toda R. 1964. A brief review and conclusions of the discussion on seed orchards. Silvae Genetica 13 (1-2): 1-3.

Wright, J.W. 1976. Introduction to Forest Genetics. Academic Press Inc. N.Y.pag. 463.

Zobel B., J. Barber, C.L.Brown y T.O.Perry, 1958. Seed orchard, their concept and management. J.For. 56: 815-825.

ENSAYOS DE PROGENIE

Marcelino Quijada R.

Instituto de Silvicultura
Universidad de Los Andes
Mérida, Venezuela

CONTENIDO

Definición e importancia

Valor de cruce

Estimación de parámetro genético estadístico

La evaluación de grupos ó líneas

La evaluación de árboles individuales

Tipos de progenies

Sistemas de cruces

Diseño experimental

Técnicas culturales

Evaluación

Registro

Bibliografía Básica Selecta

Anexo I. Modelos Específicos

1. Análisis de la varianza para un diseño genético Factorial en un modelo estadístico completamente al azar e igual replicación.
2. Análisis de la varianza para un diseño genético diálelo modificado en un modelo estadístico completamente al azar.
3. Análisis de la varianza para un diseño genético de polimixia ó de polinización libre en un modelo estadístico completamente al azar.

DEFINICION E IMPORTANCIA

El fin de los ensayos de progenie es de estimar: (1) el valor genético de un individuo en base al comportamiento de su descendencia, o (2) el valor genético de individuos medio hermanos o hermanos completos.

En los programas basados en selección fenotípica, donde la influencia ambiental es desconocida y donde la selección consecuentemente no es muy confiable, los ensayos de progenie son indispensables.

Los ensayos de progenie permiten:

(a) la evaluación del valor de cruce (aptitud de combinación) de los árboles;

(b) estimación de parámetros genético-estadísticos (varianza, correlación, etc.);

(c) evaluación de sub-poblaciones o líneas para usos específicos de plantaciones;

(d) evaluación de individuos con fines de selección continuada.

Valor de cruce 1/

Es el valor de un árbol, determinado por el promedio de su progenie obtenida de cruces con uno o varios otros árboles según un determinado esquema. La determinación del valor de cruce de individuos se hace mediante el uso de sistemas de cruzamientos específicos (diseños genéticos). De acuerdo con esto, podemos determinar el valor de combinación de un individuo, el cual es un parámetro estadístico que indica la capacidad de un individuo para transmitir ciertas características propias a una progenie resultante de cruces con otros u otro individuo. Esta información se usa como base de los raleos selectivos en huertos semilleros.

Estimación de parámetros genético-estadísticos 1/

Se hace mediante una serie de supuestos teóricos sobre los componentes del fenotipo en lo que constituye la base matemática de la genética. Envuelve el uso de tipos particulares de diseños genéticos y diseños experimentales.

Requieren la determinación de los componentes de varianza y covarianza, en la parte de los Cuadrados Medios Esperados de los Cuadros de Análisis de Varianza y Covarianza.

La determinación de los parámetros, tales como la heredabilidad (h^2), permite como elemento final, la estimación de ganancias genéticas o sea la respuesta a los esquemas de mejora, tanto en su valor numerico, como la forma de mejorarla.

La evaluación de grupos o líneas 1/

Para casos específicos, hace uso de los resultados de combinaciones particulares entre clones o familias que resulten en progenie sobresalientes para determinada característica (alto valor de combinación específica).

La evaluación de árboles individuales 1/ con fines de selección contínua, se hace en función del establecimiento de huertos semilleros avanzados, ó sea en futuras generaciones.

Esto hace necesaria la selección contínua dentro de progenies de los individuos que más sobresalgan en ellos. Ello puede conducir a problemas de consanguinidad en huertos de generación avanzada, pero se puede contrarrestar teniendo una base de selección inicial bastante amplia, y separando la población de producción de semillas de la población reproductora (vease ponencia "Planificación y Estrategias de un Programa de Mejora Genética Forestal").

1/ Para información más detallada, vease ponencia sobre 'Genética Cuantitativa'.

TIPOS DE PROGENIES

El tipo de progenie, entre otras cosas, determina la cantidad de información que pueden aportar los ensayos.

Podemos distinguir dos tipos principales: semifratrias (medio-hermano) y fratrias (hermanos completos).

Las semifratrias son aquellas progenies con un padre conocido en común (el árbol madre). Son características de polinización libre, en cuyo caso el grado exacto de consanguinidad es desconocido.

La información obtenida estará en función del valor del árbol portagrano.

Las fratrias son aquellas progenies con ambos padres conocidos en común y sólo puede lograrse mediante la polinización dirigida.

En este caso, la información obtenida en los ensayos será mayor, por cuanto estará basada en los valores de ambos padres. Sin embargo, la mejor parte de los ensayos de progenie establecidos hasta hoy día son de semifratrias, ya que el establecimiento de ensayos basados en fratrias es muy trabajoso y costoso.

SISTEMA DE CRUCES

La forma en que se combinan los árboles padres influye sobre la información que se obtiene a partir de los ensayos, ya que ello determina el tipo de progenie que se obtiene.

Podemos considerar dos tipos generales de cruces de importancia en el campo forestal: (1) sistemas de cruzamiento con padre desconocido y (2) sistemas de cruzamiento con padre conocido.

En el primer caso los sistemas principales son: (a) polinización libre, y (b) policruzamiento; en el segundo (c) diseños diálelos (diálelos completo, modificado, parcial), (d) diseños factoriales, y (e) empareamiento de pareja única. Para información detallada sobre estos diseños, vease la ponencia "Sistemas y Diseños de Cruzamiento Controlado".

DISEÑOS EXPERIMENTALES 1/

El control del componente ambiental en los ensayos de progenie viene determinado por el uso de diseños experimentales en los cuales se busca una reducción de los efectos no genéticos y para lo cual se debe tomar en consideración la aleatorización (distribución al azar), replicación (repetición) y control local (bloqueo).

El uso de bloques permite el control de variabilidad local, exponiendo a las progenies a condiciones de sitios más o menos homogéneas. La replicación permite idealmente, exponer progenies individuales a diferentes condiciones de sitio, lo que es bastante frecuente en un área de plantación, con lo cual se puede estimar las partes genéticas y ambientales del fenotipo. La aleatorización es requisito indispensable para obtener estimados no viciados del error experimental.

Para información más detallada sobre diseños experimentales, vease la ponencia sobre esta materia.

El sitio de ensayo deberá ser representativa del área donde eventualmente se usará la semilla en plantación normal. El número de progenies, el tamaño de las parcelas y la variabilidad del sitio determinan usualmente el diseño experimental más recomendable. Comúnmente se utiliza el diseño de bloques completos para números bajos de progenies y árboles por progenie y sitios de variabilidad intermedia a baja. Para gran número de progenies (más de 25), parcelas grandes y sitios muy heterogéneos, es aconsejable el uso de diseños de bloques incompletos, tales como los látices.

El tamaño de las parcelas puede ser desde uno (árbol-parcela) en adelante. Números bajos especialmente en parcelas en hileras, son deseables en el caso de querer conocer el valor de competencia de las progenies entre sí. Números altos, ligados a parcelas cuadradas ó rectangulares son deseables en el caso de estimación de parámetros genético-estadísticos donde el valor de competencia es un factor de sesgo. En este caso se establece como condición, que en el centro de cada parcela de una progenie dada quede un número variable de árboles que no esten en contacto directo con otras progenies ó sea que esten rodeados de una barrera aisladora de su misma clase.

En función de abarcar la mayor variabilidad intraprogenie, es recomendable que a menor tamaño de parcelas se use mayor número de repeticiones.

La replicación puede ser en espacio (control de variabilidad ambiental local) y en tiempo (control de variaciones climáticas o bióticos).

TECNICAS CULTURALES

El espaciamiento a usar vendrá dado por la distancia de plantación común en un programa normal. Los cuidados culturales deberán ser lo más representativos de los que tendrán las plantaciones a escala mayor. Deben evitarse "cuidados de lujo".

La protección contra fuego, animales silvestres etc., debe ser efectiva.

EVALUACION

Los caracteres a evaluar dependerán de los usos actuales y potenciales de la especie en consideración. Sin embargo, hay algunos caracteres (generales) comunes a la mayoría de los usos como la sobrevivencia, el crecimiento y la susceptibilidad a plagas y enfermedades; otros caracteres (específicos) dependerán del uso previsto.

La evaluación en el campo comienza generalmente medio o un año después de establecido el ensayo, con conteos de mortalidad y ataques, y medición de crecimiento inicial. Las evaluaciones suelen repertirse al segundo y a los 5, 7 y 10 años, incorporándose otras características en la medida que sean posibles según el desarrollo de los individuos. Para la mayoría de los caracteres se considera que la edad mínima para hacer evaluaciones confiables es igual a la tercera parte de la rotación final de la especie. Para algunos caracteres, tales como cualidad de la madera, muchas veces se tendrá que esperar hasta el final de la rotación, con evaluaciones periódicas cada 3 ó 5 años.

Generalmente se hacen también evaluaciones de vivero, para compararlas con el comportamiento en el campo, por medio de correlaciones, y que pueden servir eventualmente para selecciones a nivel del vivero mismo. Más aún, estos estudios pueden incluir características de semilla tales como peso y tamaño.

REGISTRO

Un registro detallado del material y de los procedimientos usados es indispensable, y deben tener su carpeta particular cada uno de los ensayos establecidos. En esta carpeta deben incluirse un resumen de los objetivos del ensayo; y todas las observaciones hechas durante el curso del mismo, los datos y análisis de las evaluaciones, etc. Este procedimiento facilitará sacar conclusiones correctas al fin del ensayo.

BIBLIOGRAFIA BASICA SELECTA

1. Becker, Walter A. 1967 Manual of Procedures in quantitative genetics. Washington State University Press, Pullman, Wash, U.S.A. 130 pp.

2. Cockerham, C. Clark. 1963 Estimation of Genetics variances. En Statiscal Genetics and Plant Breeding. National Academy of Sciences, Publication 982., U.S.A. pp. 53-94

3. Falconer, D.S. 1960 Introduction to Quantitative Genetics, Ronald Press, 1971 New York, 365 pp.

4. Franklin, E.C. 1969 Quantitative inheritance, heritability and Combining Ability. En Forest Tree Improvement Training Course, FAO-N.C. State University, Raleigh, N.C. U.S.A. Tomo I: 96-107

5. Mather, K. and Jinks, J.G. 1971 Biometrical Genetics Chapman & Hall, N.Y.

6. Matheson, A.C. 1977 Progeny Tests. En Training Course in Forest Tree Improvement. Australian Development Assistance. Agency, Canberra, Australia; pp. 113-119

7. Namkoong, G., E.B. Snyder, and R.W. Stonecypher. 1966 Heritability and gain concepts for evaluating breeding systems such as seedling orchards. Silva Genética 15: 76-84.

8. Roberds, J.H. 1969 Progeny Testing in Forest Tree breeding. En Forest Tree Improvement Training Course, FAO-N.C. State University, Raleigh, N.C. U.S.A. Tomo I, 123-135.

9. Wright, J.W. 1976 Introduction to Forest Genetics. Academic Press, Inc. New York. 463 p.

ANEXO I.

Modelos específicos

1. Análisis de la varianza para un diseño genético factorial en un modelo estadístico completamente al azar e igual replicación.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Esperanza del cuadrado medio	Interpretación Genética
Machos	m - 1	$\sigma e^2 + r\sigma m^2 h + rh\sigma m^2$	$\sigma m^2 = Cov(m)$
Hembras	h - 1	$\sigma e^2 + r\sigma mh^2 + rm\sigma h^2$	$\sigma h^2 = Cov(h) = \frac{1}{4} VA$
Machos x Hemb	(m-1) (h-1)	$\sigma e^2 + r\sigma m^2 h$	$\sigma m^2 h = Var(f) - Covfm$
Error	mh (r-1)	σe^2	$-Cov_{fh}$
			$= \frac{1}{4} VD$
Total	mhr-1		

σ^2= Componente de varianza para la fuente de variación indicada por la(s) letras subscrita(s).

Covfm= Covarianza de semi-fratrias con el padre macho en común

Cov_{fh}= Covarianza de semifratrias con el padre hembra en común

Var_f= Varianza de fratrias

V_A= Componente aditivo del genotipo

V_D= Componente no aditivo del genotipo

ANEXO I.

2. Análisis de la varianza para un diseño genético díalelo modificado en un modelo estadístico completamente al azar.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Esperanza del 1/ Cuadrado Medio	Interpretación Genética
Valor de combinación general	p - 1	$\sigma e^2 + r\sigma e^2 + r\,(p-2)\,\sigma g^2$	σg^2=Cov f
Valor de combinación específica	p(p-3) /2	$\sigma e^2 + r\sigma e^2$	σe^2=Var f-2Cov f $\frac{1}{4}$ V_D
Error exper.	p(p-1)(r-1)/2	σe^2	

P= número de padres

σ 2= Componentes de varianza para la fuente de variación indicada por la letra del suscripto.

Cov f= Covarianza de semifratrias

Var f= Varianza de fratrias

VA = Componente aditivo del genotipo

V_D = Componente del genotipo

3. Análisis de la varianza para un diseño genético de polimixia ó de polinización libre en un modelo estadístico completamente al azar.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Esperanza del Cuadrado Medio	Interpretación Genética
Progenies	(P - 1)	$\sigma e^2 + r\sigma p^2$	σp^2= Cov f=$\frac{1}{4}$ VA
Error experimental	f(r - 1)	σe^2	

σ 2= Componente de varianza para la fuente de variación indicada por la letra del suscripto.

Cov f= Covarianza de semifratrias

VA = Componente aditivo del genotipo

INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE

Marcelino Quijada R.

Instituto de Silvicultura
Universidad de Los Andes
Mérida, Venezuela

CONTENIDO

Existencia e importancia

Determinación

Posición de rango

Análisis de la varianza

Análisis de regresión

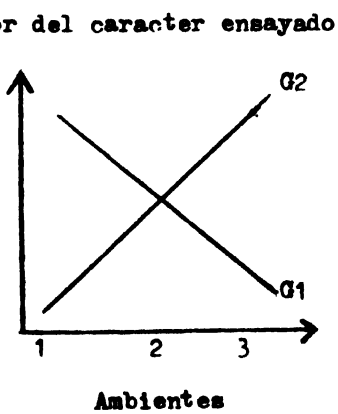
Bibliografía

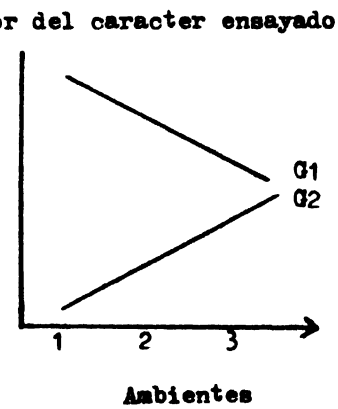
EXISTENCIA E IMPORTANCIA

La interacción genotipo-ambiente puede definirse como la falta de uniformidad en la respuesta de dos ó más grupos de plantas cultivadas en dos ó más ambientes; un grupo puede demostrar el mejor crecimiento en un ambiente, pero ser mediocre en otro.

La interacción puede manifestarse por un cambio en la posición relativa de los grupos en cada ambiente ó por diferencias en la magnitud de superioridad, aún cuando las posiciones de rango sean iguales en cada ambiente.

Gráficamente, una interacción se representa con líneas que se cruzan ó acercan, según se varía de ambiente, siguiendo un gradiente definido.





La primera siendo más aparente, obliga a la necesidad de seleccionar un grupo distinto para cada ambiente, a fin de poder obtener la mayor ganancia en productividad.

La segunda tiene como importancia servir de guía para la extrapolación de datos a ambientes distintos a los probados.

La presencia de la interacción genotipo-ambiente refleja la existencia de variaciones ambientales, aún sobre distancias relativamente pequeñas, y de variaciones en las exigencias de diferentes genotipos, tanto a macro como a micro ambientes. El mismo razonamiento puede hacerse de variaciones estacionales (en tiempo).

Esta es la razón fundamental de la necesidad de la repliocación de experimentos en espacio (control de variación ambiental local) y en tiempo (control de variación cíclica).

En la actividad forestal podemos distinguir diferentes niveles de interacción genotipo-ambiente, principalmente debido a la constitución genotípica en cuestión. Así vemos la existencia de efectos <u>especie x ambiente</u>, <u>procedencia x ambiente</u> y <u>progenie x ambiente</u>.

A nivel de la especie, las diferencias en cuanto a adaptabilidad a ambientes son mayores, o sea que hay especies que poseen un amplio espectro de adaptación, de manera tal que la detección de interacción necesita de pruebas sobre condiciones más amplias de ambiente. Al reducir el espectro genético, tales como los niveles de procedencias y progenies, las pruebas de interacción resultan más sensibles, por cuanto los rangos de tolerancia se hacen menores y se refleja en diferentes reacciones ante pequeñas variaciones del medio.

Entre los factores del medio que influyen en la detección de interacciones tenemos las condiciones de suelo, como las más sensibles, pues se detectan a nivel de intraparcela, sobre extensiones relativamente pequeñas. Las condiciones climáticas necesitan puntos más extremos para ser detectados; por ejemplo, variaciones debido a condiciones limitantes de temperatura (baja ó alta), de humedad (sequías ó inundaciones), etc.

La interacción puede considerarse como indicador de la estabilidad relativa de un genotipo. Si la interacción se aproxima a cero los genotipos son bastante estables para las características en consideración, ó sea que sus posiciones relativas y las diferencias en magnitud de respuestas son similares en los diferentes ambientes; sólo cambia la magnitud misma de las respuestas que serán función de los genotipos particulares (especies, procedencias, individuos) y de los sitios bajo consideración.

Los genotipos con un amplio rango de adaptabilidad, determinado por una interacción nula ó poco significativa, se denominan <u>plásticos</u> mientras que aquéllos con una alta susceptibilidad de variación marcada en comportamiento con ligeras variaciones de ambiente, se denominan <u>rígidos</u> ó <u>estrictos</u>.

Dado que en la respuesta de los individuos (evaluado en los fenotipos), intervienen los componentes de genotipo y de ambiente, aún en pequeña magnitud, además de la interacción, ésta última nunca llegará a representar el 100% en la variación observada; sin embargo, mientras más se acerque a dicho valor, expresará una menor estabilidad del genotipo a variados ambientes y será, desde el punto de vista del mejorador, menos confiable para propagación a gran escala en condiciones normales de plantación. Será en este caso, más favorable a plantaciones en condiciones ambientales limitantes, ya que estas se dan en áreas relativamente pequeñas y en condiciones más homogéneas de sitio.

La tendencia actual del mejorador es producir subpoblaciones con un ampl espectro de adaptabilidad, lo cual puede a la larga representar mayores ganancias en función de menores costos.

Si la interacción es no significativa, la selección se hará en base al promedio de las respuesta de los genotipos sobre todo los ambientes. Este mismo criterio puede alcanzar adaptarse cuando la interacción es significativa, pero a niveles muy cercanos al límite crítico inferior de probabilidad (usualmente el 5%), en cuyo caso puede ser ignorada en la práctica.

Algunos factores enfatizan en los problemas prácticos de utilizar la interacción debido principalmente a la dificultad de interpretarla cabalmente. Muy a menudo se presentan informes de existencia de interacciones con pocos ensayos, ubicados muy cercanos entre sí, lo que en la práctica resultaría de dudosa aplicabilidad en función de costos. En estos casos se recomienda considerarla parte del error experimental y trabajar en base a los promedios de rendimiento sobre los sitios probados.

Un uso práctico efectivo de la interacción requiere, entre otras cosas, aunque principalmente, la prueba de los mismos genotipos sobre una gama de condiciones ambientales que representen variaciones marcadas con superficies lo suficientemente grandes a ser aprovechadas en plantación.

DETERMINACION

Posición de rango

Una primera y sencilla forma de evaluar la presencia de interacción genotipo-ambiente es mediante el uso de la posición de rango de cada uno de varios genotipos en cada uno de varios sitios ó ambientes.

Según su rendimiento en cada sitio, se ordenan de mejor a peor, asignándoseles un número del 1 al n (según el número de genotipos).

Si hay cambios notorios de posición de un sitio a otro, ello es indicador de interacción.

	Ambientes		
Genotipos	1	2	3
A	1	3	3
B	5	1	2
C	4	2	5
D	3	4	4
E	2	5	1

Como desventajas de este método tenemos que el ordenamiento de rangos nos da una idea cabal de la magnitud de los cambios de un ambiente a otro, pues los cambios serán siempre en unidades constantes. Por otro lado, no se dispone de un soporte estadístico de la significancia de esos cambios.

Una aproximación estadística es usando la correlación por rango, usando pares de estaciones. Estos pueden ser todos los pares posibles según el número de ambientes ó los extremos ambientales en cuestión.

Análisis de la varianza

A fin de evaluar la importancia y magnitud de la interacción se utilizan métodos de análisis de la varianza. Una forma es el análisis combinado de la varianza en conexión con un diseño experimental específico (por ejemplo, bloques completos al azar).

Fuentes de variación				
Localidades	(L-1)			
Bloques/Localidades	L(r-1)			
Genotipos	(t-1)			
Genotipos x Localidades	(t-1)(L-1)	CM_I	$\frac{CMI}{CMe}$	$\sigma e + K1\ \sigma I^2$
Error	L(t-1)(r-1)	CMe		σe^2
Total	Lrt-1			σF^2

La prueba de la significancia nos informa sobre la importancia general de la interacción. Su magnitud (σI^2) y participación efectiva en la variación total (σ_F^2), la obtenemos con la estimación de los componentes de varianza, haciendo uso de los cuadrados medios esperados (E(C M)) del cuadro de análisis de la varianza.

Análisis de regresión

Otra forma de usar el principio del análisis de la varianza, es mediante la regresión de los valores genéticos en los medios ambientales. Para esto se requiere el establecimiento de los mismos entes genéticos (normalmente progenies) en varios ambientes bien diferenciados (preferiblemente más de dos). Los valores individuales de una determinada característica de cada ente genético (valores genéticos) son relacionados con los promedios globales de cada sitio (valores ambientales), ajustando regresiones lineales simples. Esto resulta en varias líneas rectas (tantas como progenies), que luego son comparadas entre sí, analítica o gráficamente. La forma gráfica es la más usual y la presencia o no de interacción viene dada por la disposición de las líneas. Si ellas se disponen más o menos paralelas, se habla de una relativa estabilidad de los entes genéticos (no interacción). Si las rectas se cruzan entre sí o rompen marcadamente el paralelismo entonces es un signo de presencia de interacción.

Los métodos analíticos comprenden la comparación de las rectas a ver si se pueden considerar de la misma pendiente, y en cada ente genético, la cuantificación del aporte de la regresión y de la desviación.

Los entes genéticos más estables son aquellos cuya regresión se acerca a la unidad y las desviaciones a cero. Si esas estabilidades están asociadas a productividad aceptables (las mejores o cercanas a ellas), entonces tendrán preferencia sobre otros que siendo los mejores en un determinado ambiente, son inestables en el conjunto.

BIBLIOGRAFIA

Allard, R.W. 1964 Principles of Plant Breeding, John Wiley & Sons, Inc. New York. 485 p. (Principios de la mejora genética de las plantas. Editorial Omega, Barcelona, España).

Burley, J. & Wood, P.J. (Eds) 1979 Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los Trópicos. CFI Tropical Forestry Papers No. 10 y 10A, Oxford. pp. 127-130.

Falconer, D.S. 1960 Introduction to Quantitative Genetics. The Ronal Press Company, New York. 365 p.

Goddard, R.E. 1977 GE interaction in slash pine. Tercera Consulta Mundial sobre Mejora de Arboles Forestales, Canberra, Australia. p. 761-772.

Hill, J. 1979 Genotype-environment Interaction - A Challenge for Plant Breeding. J. Agri. Sci. 85:477-493.

Namkoong, G. 1978 Elección de estrategias para el futuro. Unasylva 30. (119/120), pp.38-41.

Rink, George. 1975 Variation in open-pollinated progeny plantations of Virginia Pine (Pinus virginiana Mill). PhD Thesis, University of Tennessee, Knoxville, Tenn. U.S.A. 143 p.

****

Participantes visitando las plantaciones de Pinus caribaea de la CVG en Uverito

MEJORA DE ARBOLES PARA RESISTENCIA A LAS ENFERMEDADES 1/

Christel Palmberg
Dirección de Recursos Forestales
Departamento de Montes
FAO
I-00100 Roma, Italia

CONTENIDO

Introducción
Variabilidad del patógeno
Variabilidad del huésped
Principios de mejora de árboles para resistencia a las enfermedades
- Evaluación de las alternativas de control
- Desarrollando métodos para la evaluación de la resistencia
- Selección para resistencia a las enfermedades
- Mejora genética de árboles para la resistencia a las enfermedades
- Mantenimiento de la resistencia

Aplicaciones prácticas
Referencias

INTRODUCCION

Una enfermedad involucra cambios fisiológicos dañinos en una planta. Los cambios pueden ser causados por agentes no patógenos tales como: condiciones climáticas adversas o condiciones del suelo, o por un patógeno (Tarr 1972). Las enfermedades bióticas más importantes de los árboles forestales son causadas por los

1/ Basada en una ponencia dictada en el Curso de Capacitación en la Mejora de Arboles Forestales, celebrado en Canberra, Australia en 1977.

hongos (Cowling 1969). La investigación sobre la genética de la resistencia de los insectos y sobre la resistencia a las bacterias y virus no ha sido tan extendida como sobre la genética de la resistencia a las enfermedades causadas por hongos. Sin embargo, hay suficientes conocimientos para indicar que la herencia de resistencia a estos agentes difieren de una manera no muy importante de la herencia de resistencia a los hongos (Allard 1964; Painter 1966). En esta ponencia se pondrá mayor énfasis sobre las enfermedades infecciosas causadas por los hongos. El término "Mejora de Arboles" será tratado en un sentido amplio, incluyendo así los procedimientos de selección.

El objetivo general de un programa para producir árboles resistentes a las plagas es reducir las pérdidas por causa de plagas mediante manipulación genética de los árboles huéspedes (Callaham et al. 1966). Las probabilidades de éxito en un programa de mejora dependerá en gran parte en el establecimiento desde el principio de un conjunto claramente definido de los objetivos así como de un orden realista de prioridades. Las perspectivas para mejorar en forma significativa la resistencia a enfermedades son mejores en los árboles forestales que en la mayoría de los demás cultivos, porque las especies de árboles forestales por lo general representan poblaciones de polinización cruzada natural que proveen un amplia gama de genotipos para una selección básica (Schreiner 1966). Concurrentemente con la mejora en la resistencia a la enfermedad es necesario prever mejora en rendimiento y calidad de la cosecha. Se debe dar una ponderación realista a la importancia de cada factor en el programa de mejora de árboles (Borlaug 1966).

La selección y mejora de árboles para la resistencia a enfermedades no varían fundamentalmente de la mejora de árboles para cualquier otra característica (Allard 1964; Dyson 1974). En consecuencia cualquiera de los diversos métodos de mejora genética apropiados para la cosecha o especies en cuestión puede ser usado en desarrollar variedades o poblaciones resistentes a las enfermedades, una vez que los genes que confieren resistencia han sido hallados (Allard 1964). Sin embargo, se debe recordar que la resistencia a enfermedades involucra dos sistemas genéticos, el del huésped y el del patógeno, cada uno es un resultado de las dos variables básicas del genotipo y medio ambiente. La expresión fenotípica de una enfermedad dependerá así de las interacciones entre el huésped, el patógeno y el medio ambiente (McIntosh 1971). Como las poblaciones de patógenos reaccionan constantemente a los cambios introducidos en las poblaciones de huéspedes (Dinoor 1975), la mejora genética a la resistencia es un proceso dinámico más bien que estático. Una comprensión global del complejo de plagas, incluyendo la variabilidad y el potencial genético del huésped, la biología del patógeno y las interacciones entre huésped, patógeno y medio ambiente, es una base necesaria para un programa de mejora genética para resistencias.

VARIABILIDAD DEL PATOGENO

Las enfermedades en los árboles forestales pueden agruparse en dos categorías, aquellas causadas por parásitos estrictos y aquellas causadas por parásitos facultativos. Los parásitos estrictos están restringidos al tejido vivo por cuanto los parásitos facultativos son capaces de colonizar tanto en material orgánico vivo como muerto (Tarr 1972). Los hongos de la roya son ejemplos de parásitos estrictos en los árboles forestales (p.e. la roya de vesículas de los pinos y la roya foliar de los álamos), mientras los parásitos facultativos que a menudo están limitados a ciertas procedencias incluyen las enfermedades por marchitez (p.e. las enfermedades de caída de acículas de los pinos y cancro del tallo de los álamos) (Björkman 1966). La susceptibilidad de los árboles a los parásitos facultativos es por lo general grandemente afectado por su condición fisiológica y energía del crecimiento, y de este modo indirectamente por el medio ambiente (Schreiner 1966).

Los organismos patógenos tienen un potencial enorme para desarrollar nuevas formas virulentas o razas. Los genetistas deben por lo ganto estar preparados para enfrentar nuevas razas de patógenos a las cuales sus variedades o poblaciones en tiempos pasados resistentes, son susceptibles (Allard 1964).

Una vez que una raza de hongos se ha establecido, su preponderancia es determinada por las variedades de las plantas huéspedes cultivadas. Un caso extremo es el cultivo de una masa que consiste de líneas consanguíneas o de un simple clon en el cual los individuos son genéticamente idénticos, poseyendo genes idénticos para la resistencia contra las razas prevalecientes del patógeno. Una población de huéspedes de esta naturaleza ejercerá una fuerte presión de selección y fácilmente ocasionará razas altamente especializadas fisiológicamente del patógeno que son capaces de vencer las resistencias del huésped (Borlaug 1966).

La clave para comprender la variabilidad de los hongos, incluyendo la variabilidad en capacidades patógenas, reside en sus sistemas reproductores. En adición a la recombinación meyótica del material genético, se puede agregar variación a la población mediante recombinación no meyótica, por heterocariosis, en la cual dos o más núcleos ocupan la misma célula, por herencia citoplásmica y por mutación que de por sí suministra las diferencias genéticas iniciales que aparecen juntas en los diversos procesos de recombinación (Buxton 1961). La mayoría de las especies son organismos haploides en que ocurren fusiones nucleares para dar lugar a una etapa diploide relativamente de corta duración, pero se encuentran igualmente ciclos de vida oscilando desde completamente haploides hasta completamente diploides (Allard 1964).

VARIABILIDAD DEL HUESPED

La variabilidad del huésped que induce a la resistencia puede ser sea activa o pasiva. La resistencia pasiva se logra por barreras estructurales de naturaleza morfológica o anatómica. La resistencia activa se debe a procesos vitales iniciados en el huésped como una reacción frente a un agente patógeno y está dirigida contra este mismo agente (Human 1950).

Schreiner (1966) cataloga las siguientes características del huésped como las más comunes que contribuyen a la resistencia de los árboles forestales a las enfermedades.

(1) Variación del huésped en la absorción de minerales bajo condiciones similares de campo;

(2) diferencias en el contenido de agua del tejido huésped;

(3) La presencia de productos metabólicos en el tejido huésped fuera de las fitotoxinas;

(4) La presencia de substancias fungistáticas o de fitotoxinas en el huésped;

(5) La producción en el tejido huésped de fitotoxinas:

(6) La existencia previa o formación de barreras que restringen el movimiento del patógeno hacia fuera y dentro del tejido huésped;

(7) El efecto de substancias osmóticas sobre el crecimiento del tubo germen y penetración de los estomas;

(8) Mecanismo de escape tales como acículas marchitas y superficies foliares densamente pubescentes.

La naturaleza genética de la resistencia del huésped puede ser sea vertical (resistencia específica) u horizontal (resistencia no específica, llamada también resistencia de campo o tolerancia) (van del Plank 1963). La resistencia vertical actúa contra razas o variedades específicas del patógeno; se caracteriza generalmente por una íntima relación entre los genes del patógeno y aquellos del huésped, y a menudo es controlada por simples genes aunque muchos genes pueden estar involucrados. Los componentes genéticos que contribuyen a la resistencia vertical por lo general pueden ser aislados y estudiados en cruzamientos apropiados (Schreiner 1966; Watson 1971).

La resistencia horizontal por lo general es poligenética y muchos factores, tales como el control de la rata de crecimiento de las hifas a través del tejido huésped y penetración por el tejido, pueden simultáneamente controlar la resistencia. La resistencia horizontal generalmente da cierta cantidad de protección contra toda una gama de razas del patógeno (Watson 1971). No existe ninguna relación directa entre el huésped y los genes fungales, y aunque por lo general más eficiente contra los hongos y favorecidos tanto en agricultura y forestalía, los sistemas poligenéticos son más difíciles de ser utilizados en mejora de árboles que los principales genes que controlan la resistencia vertical (Heybroek 1969; Luig 1971; Watson 1971).

La evidencia actual para los árboles forestales indican que la resistencia se debe tal vez a una pequeña cantidad de los principales genes (p.e. en la resistencia a la marchitez de los híbridos de álamos, ver Heimburger 1966), la resistencia monogenética (p.e. en la resistencia del junípero a la marchitez foliar; ver Soegaard 1966), la resistencia poligenética (p.e. en la resistencia del pino blanco occidental a la roya de vesículas; ver Binghan et al. 1960), y la herencia citoplásmica (p.e. en la resistencia del alerce a la marchitez de las acículas; ver Lagner 1952). Tanto los genes principales como los poligenes pueden contribuir simultáneamente a la resistencia (p.e. en la resistencia del pino blanco oriental a la roya de vesículas, ver Heimburger 1962).

Mientras se ha aceptado en forma general que diferentes sistemas genéticos operan en el caso de la resistencia vertical y horizontal a una sola enfermedad, los mismos genes pueden estar involucrados en ambos tipos de resistencia (Watson 1966). Una diversidad de genes de resistencia en la población reducirá las oportunidades de que el patógeno domine la resistencia existente por medio de un cambio en virulencia o patogenicidad (Borlaug 1966; Watson 1971; Dinoor 1975).

En adición de ser controlada genéticamente, la resistencia horizontal puede originarse de una sincronización imperfecta del patógeno y del huésped, como en el caso de las enfermedades que aparecen tarde en la vida de una planta o tarde en el período vegetativo (p.e. roya foliar del álamo). Esto llega casi hasta una evasión de la enfermedad en que los individuos robustos pueden ser capaces de reemplazar las hojas enfermas u otras partes y así producir un rendimiento razonable a pesar de la infección. Las plantas pueden igualmente escapar a la infección si su etapa susceptible ocurre en la época en que el patógeno esta ausente, presente en cantidades insuficientes o cuando son desfavorables las condiciones ambientales (Tarr 1972).

PRINCIPIOS DE MEJORA DE ARBOLES PARA RESISTENCIA A LAS ENFERMEDADES

Evaluación de las alternativas de control

Antes de aventurarse en un programa de mejora de árboles resistentes a las plagas se deberían evaluar cuidadosamente los métodos de alternativas del control de enfermedades. Estas incluyen: (1) exclusión, (2) evitación, (3) erradicación, y (4) protección mediante control químico o biológico (McNabb 1964; Gibson 1975).

La exclusión mediante la cuarentena, es decir restringiendo la introducción de plantas, parte de las plantas o suelo en el país (p.e. en Australia) puede ser efectiva contra las enfermedades no establecidas todavía, suponiendo que hay medios adecuados para hacer cumplir la legislación. La exclusión mediante la inspección y el tratamiento del material vegetal y posiblemente de las herramientas y maquinarias antes de trasladarlas de una región a otra presupone una buena información sobre la propagación en el ciclo de vida del patógeno (Gibson 1975).

Evitar enfermedades mediante un cambio de especies por lo general es eficaz si se dispone de una especie alternativa aceptable (p.e. el cambio de una especie de ciprés para otra especie en Africa Oriental que se discutirá más adelante en esta ponencia; el cambio de pícea a pino o alerce en algunos sitios infectados con pudrición radicular en Europa del Norte; ver Palmberg 1969). La adaptación de p.e. las épocas de siembra y plantación para reducir el riesgo de infección puede tener a veces éxito, al igual que un cambio en las prácticas de manejo (p.e. un cambio en las rutinas de poda del ciprés en Africa Oriental; ver Rudd-Jones 1954).

La erradicación de enfermedades otras que las de vivero puede realizarse en una etapa muy precoz del inicio de la enfermedad y requiere una organización de control excepcionalmente eficaz para que sea efectiva, p.e. la erradicación de individuos de olmos enfermos para detener la expansión de la enfermedad del olmo Holandés ha ampliamente fracasado (Neely 1975). La erradicación del huésped secundario en las enfermedades de roya ha resultado sin embargo, ser bastante efectiva (p.e. eliminando el tiemblo en Europa del Norte y Ribes spp. en los Estados Unidos de áreas cercanas a las plantaciones de pino para evitar daños causados por deformación por torsión del pino y royas fusiformes; Deay 1972).

La protección mediante la aplicación de fungicidas es considerada generalmente demasiado costosa fuera del vivero. Sin embargo, en las enfermedades que atacan los árboles durante un período limitado de su vida este método puede ser algunas veces económicamente aceptable (p.e. fumigando pino radiata contra la marchitez de las acículas en Nueva Zelandia; ver Gilmour y Vanner 1971). La protección mediante la aplicación de insecticidas se considera normalmente posible durante los ataques de plagas de insectos (Benedict 1964). El control biológico ha tenido mucho éxito empleado contra los insectos (Franz 1964) (p.e. el control de la avispa Sirex en Australia; ver Anon. 1974).

Los métodos de control arriba descritos se practican en muchos casos paralelamente con programas sobre mejora de árboles para resistencia a las enfermedades, y algunos de ellos suministran solamente soluciones a corto plazo a un problema. Generalmente el método más económico y en muchos aspectos ideal para realizar el control de la enfermedad es el desarrollo de biotipos resistentes al huésped (Gibson 1975).

Desarrollando métodos para la evaluación de la resistencia

Una vez que se ha tomado una decisión para mejora de árboles para resistencia a enfermedades el desarrollo de métodos rápidos y precisos para evaluar la resistencia de la planta huésped es el problema más importante e inmediato. La resistencia no es una característica intrínseca, pero está sujeta a las influencias ambientales sobre el huésped, el patógeno y la relación huésped/patógeno (Schreiner 1966).

En adición a las investigaciones básicas sobre el establecimiento y progreso del parasitismo, el desarrollo de tales métodos de evaluación requerirá por lo tanto conocimientos de los efectos de los factores ambientales sobre la resistencia del huésped y de la patogenicidad y virulencia del parásito (Callaham et al. 1966; Schreiner 1966).

Como la manifestación de la resistencia es fenotípica, la misma expresión de resistencia puede resultar de la interacción entre muchos genotipos diferentes del huésped y patógeno (Dinoor 1975). La identificación de los genes para la resistencia involucra por lo tanto los cruzamientos y análisis genético, los cuales a su vez requieren el desarrollo de técnicas eficaces para seleccionar, propagar, mejorar y ensayar la progenie del árbol huésped (Schreiner 1966).

Los genes de resistencia identificadas dependen de las razas patógenas presentes; en la ausencia del patógeno, los genotipos resistentes no se distinguen de los no resistentes (Allard 1964). Los programas para identificar la resistencia deberían por lo tanto siempre basarse sobre inoculación artificial (Allard 1964; Dyson 1974). En vista de que la inmunidad a una enfermedad es normalmente un objetivo irreal es necesario establecer un mínimo de normas prácticas de resistencia para cada relación huésped/patógeno. Estas normas deberían ser flexibles tanto por razones económicas como biológicas (Schreiner 1966).

Selección para la resistencia a las enfermedades

Después de desarrollar métodos para reconocer e identificar la resistencia a las enfermedades, el próximo paso en ubicar el material resistente en las plantaciones existentes del huésped (Allard 1964).

La resistencia a las enfermedades en las plantas es más común que la susceptibilidad, la mayoría de las plantas silvestres son resistentes a las principales enfermedades (Cowling 1969). Nuestras enfermedades de árboles forestales más desastrosas han resultado de la introducción de patógenos foráneos en las poblaciones que no tienen genes eficaces para resistir a este patógeno (p.e. marchitez del castaño, enfermedad del olmo holandés, roya de vesículas del pino blanco) (Borlaug 1966).

La plantación extensa de especies exóticas de rápido crecimiento, algunas veces bajo condiciones ecológicas desfavorables y de población poseyendo una base genética muy limitada, lleva fácilmente a los problemas fitopatológicos (p.e. la marchitez en las acículas del pino radiata en Africa Oriental, la roya foliar del álamo en Australia) (Björkman 1966).

Los genes no ocurren al azar en las poblaciones (Qualset 1975). La larga asociación entre el patógeno y el huésped conduce fácilmente al desarrollo de una tolerancia mutua, con la consiguiente eliminación de genotipos de huésped altamente susceptibles mediante la selección natural (Tarr 1972). Los genes para la resistencia a los patógenos y plagas por lo tanto se encuentran fácilmente en muy elevada frecuencia en regiones donde la planta en cuestión ha sido cultivada en gran escala en presencia del patógeno, o mediante una búsqueda extensiva de poblaciones naturales.

Una gran cantidad de individuos deberían ser muy seleccionados a altos niveles de inoculación artificial para aumentar cualquier búsqueda de individuos resistentes en el bosque. Se deben diseñar ensayos de resistencia en consideración de la biología del huésped y biología de la plaga; p.e. se debe conocer la edad del huésped en que se presenta la infección y el diagnóstico. Los ensayos deberían ser repetidos para muestrear una gama de medios ambientes. El diseño debe permitir al procedimiento estadístico abordar la variación en el huésped, la plaga y el medio ambiente y sus interacciones. Los ensayos sobre clon x interacciones ambientales no deberían ser considerados concluyentes hasta 1/3 a 1/2 de los tiempos estimados de turno (Callaham et al. 1966). La selección cuidadosa para la resistencia vertical debería efectuarse en cada región de plantaciones por separado, por cuanto la selección para la resistencia horizontal puede ser a menudo centralizada. No obstante, los factores como el clima y la cantidad del inóculo presente en varias regiones de plantaciones puede alterar el nivel de resistencia encontrado en un sitio central de ensayo (Dinoor 1975).

Si es posible realizar la propagación vegetativa para producción en gran cantidad del material de plantación (p.e. en los álamos) y si los árboles resistentes tienen fenotipos buenos, pueden ser utilizados inmediatamente para desarrollar poblaciones de ensayos de resistencia a las plagas. Sin embargo, en el caso de especies reproducidas mediante semillas se debe recordar que los árboles no solamente varían en la resistencia a un patógeno sino igualmente en su capacidad para transmitir resistencia a su progenie (Wood 1966). Por lo tanto es esencial que los árboles seleccionados fenotípicamente de estas especies hayan sido sometidos a ensayos de progenie. Si surgen progenies resistentes, sus padres pueden ser tentativamente designados "transmisores de resistencia" (Schreiner 1966), y después de ensayos complementarios propagados en huertos semilleros para producir semillas F_1 resistentes (Callaham et al. 1966). Los árboles que exhiben una aptitud de combinación general (ACG) elevada para la resistencia a enfermedades serán de grandísima utilidad; se puede utilizar la aptitud de combinación específica (ACE) solamente mediante propagación vegetativa o mediante cruzamientos controlados.

Mejora genética de árboles para la resistencia a las enfermedades

Se ha atribuído la variación en el grado de resistencia al tipo y cantidad de genes resistentes presentes en el pariente (Good 1966). Se puede utilizar la mejora de árboles para asegurar que los cultivos posean una diversidad genética máxima para genes resistentes (Watson 1966).

En los sistemas controlados poligenéticamente se puede alcanzar un "platô de selección" (parte horizontal del diagrama "selection plateau") más allá del cual los adelantos son insignificantes. Este platô puede o no puede conferir un grado de resistencia adecuado para fines prácticos. Introduciendo nuevas variaciones mediante la hibridación de los individuos más resistentes e introduciendo poblaciones adicionales del huésped que señala que algún grado de resistencia puede superar este platô (Heimburger 1962).

Si no se puede encontrar suficiente resistencia a las enfermedades en las poblaciones existentes de las especies huéspedes, los genes resistentes pueden algunas veces ser introducidos mediante hibridación inter-específica. Si el material resistente así desarrollado no es comercialmente aceptable, hay dos procedimientos disponibles: los híbridos F_1 pueden ser cruzados para producir una generación F_2 donde la segregación y la recombinación pueden resultar en fenotipos resistentes aceptables, o el híbrido F_1 puede ser retrocruzado hacia la especie paterna deseada (Allard 1964). Se debe realizar una selección cuidadosa y renovada para la resistencia a las enfermedades en estas nuevas poblaciones.

La producción en gran cantidad de semillas F_1 inter-específicas con características fenotípicas convenientes y resistentes a las enfermedades pueden realizarse sea mediante polinización controlada o, cuando las dos especies involucradas florecen simultáneamente, pueden ser replantadas en huertos semilleros para producir semillas híbridas espontáneamente. En algunos casos clones simples de una especie pueden ser intercalados dentro de rodales de las otras especies; este procedimiento facilita expurgar las plántulas no híbridas en el vivero (Callaham et al. 1966).

Tanto la hibridación intra e inter-específica puede utilizarse para transferir genes para la resistencia a las enfermedades a fenotipos convenientes.

Mantenimiento de la resistencia en poblaciones mejoradas

Hay una evidencia de variación suficiente en la resistencia entre las especies, razas e individuos para garantizar el uso de mejora de árboles para resistencia a las enfermedades con el fin de combatir prácticamente todas las enfermedades vegetales importantes (Schreiner 1966). Todas las veces que se consiguen variedades satisfactoriamente resistente a las enfermedades éstas han sido preferidas a cualquier otro medio de control, porque una vez que se han desarrollado agregan poco o nada al costo de la producción (Allard 1964). En las plantas de aprovechamiento principal las cuales en gran medida forman el material de plantación genéticamente homogéneo y las líneas consanguíneas, la mejora de árboles para resistencia a enfermedades requiere un estudio continuo y la movilización de nuevas y diferentes fuentes de resistencia (Dinoor 1975). Por ejemplo, la duración máxima promedio de protección efectiva para cualquier tipo de tallo resistente a la roya en el trigo en los Estados Unidos y Canadá ha sido de aproximadamente 15 años; la situación ha sido aún peor con respecto a las áreas subtropicales y tropicales, donde el mecanismo de escape de la enfermedad no funciona en forma eficaz donde los conjuntos genéticos para la patogenicidad son extensos y persisten de año en año (Borlaug 1966).

Como en la forestalía la regla general es turnos largos, y por lo tanto, los efectos de cualquier cambio climático a largo plazo sobre el huésped, el patógeno y sus relaciones recíprocas pueden ser pronunciadas, el mantener la resistencia es de vital importancia (Schreiner 1966; Painter 1966).

La probabilidad de alcanzar y de mantener la resistencia mediante la mejora de árboles por largo período de tiempo es por lo general directamente proporcional a la diversidad del plasma germinal disponible para el genetista (Painter 1966).

Por cuanto la unidad básica en mejora de árboles aprovechables es una línea consanguínea o una raza de la planta, la unidad básica en forestalía es por lo general el individuo, y un número infinito de genotipos está involucrado en cada población (Painter 1966). Mientras no se permite que la base genética en las plantaciones forestales llega a ser demasiado escasa mediante una fuerte selección en poblaciones limitadas y mediante intracruzamientos, los problemas no se desarrollarán en la misma escala que en la agricultura. Las reservas genéticas de bases amplias puede ser un resguardo adicional para el futuro; de esta manera se puede preservar la capacidad de las poblaciones huéspedes en reaccionar a los cambios en las poblaciones de patógenos (Dinoor 1975).

APLICACIONES PRACTICAS

Aunque la mejora de árboles para la resistencia a las enfermedades en los árboles forestales es un proyecto a largo plazo, las anécdotas de éxitos son numerosas.

Las enfermedades que atacan las hojas, ramas y tallos de los árboles han sido investigadas más cuidadosamente que las pudriciones radiculares p.e. Aunque las pudriciones radiculares son económicamente importantes, la evaluación de la resistencia, la selección de árboles padres y la evaluación de su progenie, así como el desarrollo de métodos eficaces de inoculación, causan dificultades cuando se abordan los daños internos. En adición, los hongos de pudrición radicular por lo general invaden el duramen muerto del árbol, en lo cual las posibilidades de introducir cambios que conducen a la resistencia parecen menores que en el tejido vivo; sin embargo se han presentado algunos resultados positivos alterando mediante selecciones las sustancias tóxicas que se encuentran en el duramen (Björkman 1966; Cech et al. 1966).

Dos ejemplos, uno vinculando un cambio de especies y la subsiguiente selección, el otro, selección y una mejora complementaria, pueden servir para ilustrar cómo se puede aplicar en la práctica con éxito las técnicas sobre la mejora de árboles para resistencia a las enfermedades como fue esbozado en los párrafos anteriores.

(1) Cupressus macrocarpa Hart y C. lusitanica Mill. fueron introducidos en Africa Oriental al principio de este siglo. C. macrocarpa fue favorecido en las plantaciones debido a que tiene un crecimiento algo más rápido. No obstante, se presentaron pronto problemas con el cancro del ciprés, causado por el hongo Monochaetia unicornis (Cooke & Ellis) Sacc. Se estudió el patógeno en forma intensiva al principio de la década de los años 1950. Se encontró que se había presentado en la especie indígena Juniperus procera Hook, en la cual este hongo causó poco daño. Se aislaron tres razas del hongo, dos no importantes y una virulenta; fueron puestas en cultivo para facilitar su estudio. Luego se desarrolló una técnica eficaz de inoculación, la cual consistía en hacer una herida en el tronco del árbol antes de la palicación del inóculo virulento. Se encontró que la resistencia a la enfermedad de los árboles individuales podría ser evaluada mediante la medición de la rata del incremento diámetrico de las lesiones de la corteza en los árboles durante un período de tres meses después de la inoculación. Usando este método se demostró que C. lusitanica era 50 por ciento menos susceptible que C. macrocarpa, y por lo tanto se recomendó y se realizó un cambio de especies. La misma técnica de inoculación fue luego utilizada para ensayar progenies polinizadas libremente de C. lusitanica de árboles plus seleccionados (Dyson 1974). En la actualidad aproximadamente 80 por ciento del área total de reforestación en Kenya está plantada con C. lusitanica y todas las semillas utilizadas tienen su origen en los rodales semilleros que fueron seleccionados por su buena forma, alto rendimiento y alto grado de resistencia a las enfermedades.

(2) El pino blanco occidental (Pinus monticola Dougl.) está entre los árboles maderables más valiosos de los Estados Unidos. La roya de vesículas, Cronartium ribicola Fisch., fue primeramente introducida accidentalmente en los Estados Unidos en los años 20, y para 1941 la enfermedad había alcanzado proporciones epidémicas. Las observaciones en poblaciones naturales del pino indicaron que existía variación en la resistencia a enfermedades. Se seleccionaron los fenotipos resistentes ó inmunes y se hicieron, subsecuentemente, ensayos genéticos de la resistencia mediante la respuesta de los injertos y progenie de los árboles seleccionados durante varios años y en diversos sitios. Como el huésped alterno para la enfermedad es Ribes spp., esta planta fue interplantada en las parcelas experimentales para aumentar el potencial de inóculos. Los resultados de injertos y ensayos de progenie indicaron que tanto los efectos aditivos y no aditivos de genes estaban involucrados en la resistencia. Las selecciones originales (temporáneas) fueron reseleccionadas después de haber demostrado una elevada habilidad de combinación general por medio de estos ensayos.

El próximo paso en el programa de mejora de árboles involucró los cruzamientos controlados entre fenotipos prometedores; estos fueron ensayados durante dos años bajo una intensa inoculación artificial, utilizando una "capa de inoculación" la cual mantenía la humedad a niveles favorables para el patógeno. Se descubrió que ninguna selección producía progenie que fuese completamente inmune a la enfermedad, y que un amplia gama de variación fue aparente en el nivel de resistencia transmitido por los árboles seleccionados (Bingham et al. 1960; Hoff 1966; Bingham 1969).

Los programas prácticos de mejora de árboles utilizan actualmente la variación intra-específica natural en el pino blanco occidental. El Servicio Forestal de la Región del Norte se ha lanzado en un proyecto de producción en masa de semillas F_2 con híbridos F_1 intraespecíficos de padres fenotípicamente resistentes. Los estudios sobre herencia han indicado una ganancia de aproxi-

madamente 20 por ciento del material de plantación F_1 en la resistencia a enfermedades bajo intensas condiciones de inoculación artificial. Los problemas prácticos encontrados involucran la tecnología del huerto semillero, tamaño del acervo de genes que se necesita para cada área de plantación para asegurar una variación genética adecuada para un mejoramiento complementario de características de ables, y procedimientos para acelerar la selección y ensayos de nuevos individuos (Hoff 1966).

Durante los últimos 10 años ha habido un interés creciente en la hibridación inter-específica en el grupo pino blanco. Hay más de 20 especies de pino blanco de cinco-acículas que exhiben diferentes grados de variación de resistencia a la roya de vesículas. Los programas de mejora de árboles se han concentrado en las 14 especies que poseen la más amplia adaptación a las condiciones de sitio y climáticas en las áreas de plantación, y a las especies más resistentes en un rango de sitios. Se han hecho observaciones comparativas a nivel mundial sobre la resistencia relativa de las diversas especies y se ha elaborado una lista internacional de "clasificación tentativas". Se han producido híbridos resistentes entre un número de especies y fueron ensayados a escala experimental; especialmente algunas de las especies Asiáticas (P. griffithii, P. armandii, P. koraiensis) y sus híbridos resultaron prometedores, exhibiendo un mayor grado de resistencia que por ejemplo P. monticola (Binghman 1972).

Se han hecho gestiones para desarrollar resistencia mediante cruzamientos inter-específicos paralelamente con los destinados a producir subpoblaciones resistentes dentro de una especie (Callaham et al. 1966).

El papel de la genética forestal será cada vez más importante a medida que la forestalía llegue a ser más intensiva. El cultivo de grandes plantaciones uniformes con material a menudo cultivado para características de poca aptitud ("fitness"), tal como crecimiento y derechura del fuste en la ausencia de patógenos potenciales, incrementará los peligros de enfermedades. Los programas eficaces de mejora de árboles deberían incluir planes para hacerle frente a la amenaza de patógenos no detectados y de nuevas razas virulentas de las existentes antes de que puedan causar daños excesivos. Como ya fue enfatizado anteriormente en este artículo, esto puede realizarse muy bien manteniendo la heterocigosis y una amplia base genética en las plantaciones como también en las reservas genéticas establecidas o mantenidas en conexión con los programas de mejora de árboles.

Es esencial la cooperación internacional para obtener progresos rápidos en la mejora de árboles para resistencia a enfermedades. La cooperación debería incluir la conservación genética de rodales naturales para que sirvan como acervos de genes para la resistencia a las enfermedades, bancos internacionales de genes de genotipos resistentes a las plagas para utilizarlos en mejora de árboles, y en un creciente intercambio de información.

REFERENCIAS

Allard, R.W. (1964). 'Principles of Plant Breeding'. Wiley & Sons Inc., New York.

Anon. (1974). Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Annual Report 1973-74.

Benedict, W.V. (1964). Principles, procedures and problems in controlling forest pests. FAO/IUFRO Symposium on Internationally Dangerous Forest Diseases and Insects, Oxford. FAO/FORPEST - 64, IX. FAO, Rome.

Bingham, R.T. (1969). Rust resistance in conifers - present status, future needs. Second World Consultation on Forest Tree Breeding, Washington. FO-FTB-69, 5/2. FAO, Rome.

Bingham, R.T. (1972). Taxonomy, crossability, and relative blister rust resistance of 5-needled white pines. 'Biology of Rust Resistance in Forest Trees'. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Miscellaneous Publication 1221. pp.271-80.

Bingham, R.T., Squillace, A.E., and Wright, J.W. (1960). Breeding blister rust resistant western white pine. Silvae Genetica 9:33-41.

Björkman, E. (1966). Status and trends in research related to the resistance of forest trees to disease in northern Europe. Gerhold, H.D. et al. (Eds). 'Breeding Pest Resistant Trees'. Pergamon Press, Oxford. pp.3-10.

Borlaug, N.E. (1966). Basic concepts which influence the choice of methods for use in breeding for disease resistance in cross-pollinated and self-pollinated crop plants. Gerhold, H.D. et al. (Eds). 'Breeding Pest Resistant Trees'. Pergamon Press, Oxford. pp.327-44.

Buxton, E.W. (1961). Mechanisms of variation in the pathogenicity of Fusarium oxysporum. Recent Advances in Botany 1:502-7.

Callaham, R.Z. et al. (1966). General guidelines for practical programs toward pest-resistant trees. Gerhold, H.D. et al. (Eds). 'Breeding Pest Resistant Trees'. Pergamon Press, Oxford. pp.489-93.

Cech, F.C. et al. (1966). Breeding conifers for resistance to Fomes annosus. Gerhold, H.D. et al. (Eds). 'Breeding Pest Resistant Trees'. Pergamon Press, Oxford. p. 483.

Cowling, E.G. (1969). Principles of genetic improvement in disease resistance of forest trees. FAO/N.C. State Univ. Forest Tree Improvement Training Center. School of Forest Resources, N.C.S.U., Raleigh. Lecture Notes, pp. 196-200.

Day, P.R. (1972). The genetics of rust fungi. 'Biology of Rust Resistance in Forest Trees'. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Miscellaneous Publication 1221. pp.3-17.

Dinoor, A. (1975). Evaluation of sources of disease resistance. Frankel, O.H., and Hawkes, J.G. (Eds). 'Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow'. IBP 2. Cambridge University Press. pp.201-10.

Dyson,W.G. (1974). Breeding for disease resistance. Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement, Kenya. FAO/DEN/TF 112. FAO, Rome. pp.292-8.

Franz, J.M. (1964). Forest insect control by biological measures. FAO/IUFRO Symposium on Internationally Dangerous Forest Diseases and Insects, Oxford. FAO/FORPEST-64, IX. FAO, Rome.

Gibson, I.A.S. (1975). 'Diseases of Forest Trees Widely planted as Exotics in the Tropics and Southern Hemisphere'. Commonwealth Mycology Institute/Commonwealth Forestry Institute, Oxford.

Gilmour, J.W., and Vanner, A.L. (1971). Radiata pine pine needle blight (Dothistroma pini). Fungicide and Nematocide Tests 27. Am. Phytopath. Soc.

Gäumann, E. (1950). 'Principles of Plant Infection'. Crosby Lockwood & Son, London.

Heimburger, C. (1962). Breeding for disease resistance in forest trees. For. Chron. 38:356-62.

Heimburger, C. (1966). Susceptibility to a serious fungus attack as a genetic barrier between aspen species. Gerhold, H.D. et al. (Eds). 'Breeding Pest Resistant Trees'. Pergamon Press, Oxford. pp.391-4.

Heybroek, H.M. (1969). Three aspects of breeding trees for disease resistance. Second World Consultation on Forest Tree Breeding, Washington. FO-FTB-69, 5/4. FAO, Rome.

Hoff, R.J. (1966). Blister rust resistance in western white pine. Gerhold, H.D. et al. (Eds). 'Breeding Pest Resistant Trees'. Pergamon Press, Oxford. pp. 119-24.

Lagner, W. (1952). Reziprok unterschiedliches Verhalten von Larchen-bastarden gegen eine Nadelerkrankung. Z. Forstgenetik 1:78-81.

McNabb, H.S. Jr. (1964). A 'new' concept of forest tree disease control : physiological suppression. FAO/IUFRO Symposium on Internationally Dangerous Forest Diseases and Insects, Oxford. FAO/FORPEST-64, IX. FAO, Rome.

Neely, D. (1975). Sanitation and dutch elm disease. Burdekin, D.A., and Heybroek, H.M. (Eds). 'Dutch Elm Disease'. Proceedings of IUFRO Conference, Minneapolis 1973. USDA FS Northeastern Forest Experiment Station, Upper Darby, PA. pp. 76-87.

Painter, R.H. (1966). Lessons to be learned from past experience in breeding plants for insect resistance. Gerhold, H.D. et al. (Eds). 'Breeding Pest Resistant Trees'. Pergamon Press, Oxford. pp.349-55.

Palmberg, C. (1969). Fomes annosus Fr. (Cke.) - a universal problem. Silva Fennica 3:33-49.

Qualset, C.O. (1975). Sampling germplasm in a center of diversity : an example of disease resistance in Ethiopian barley. Frankel, O.H., and Hawkes, J.G. (Eds). 'Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow'. IBP 2. Cambridge University Press. pp.81-98.

Luig, N.H. (1971). 'Strong' and 'weak' genes for stem rust resistance in wheat breeding. Aust. Pl. Breeding Conf. Perth, W.A. 8-3.

McIntosh, R.A. (1971). Wheat genes for rust resistance in space and time. Aust. Pl. Breeding Conf. Perth, W.A. 8-5.

Rudd-Jones, D. (1954). Studies on a canker disease of cypress in East Africa. Ann. App. Biol. 41:325-35.

Schreiner, E.J. (1966). Future needs for maximum progress in genetic improvement of disease resistance in forest trees. Gerhold, H.D. et al. (Eds). 'Breeding Pest Resistant Trees'. Pergamon Press, Oxford. pp.455-66.

Soegaard, B. (1966). Variation and inheritance of resistance to attack by Didymascella thujina in western red cedar and related species. Gerhold, H.D. et al. (Eds). 'Breeding Pest Resistant Trees'. Pergamon Press, Oxford. pp. 83-8.

Tarr, S.A.J. (1972). 'The Principles of Plant Pathology'. Macmillan Press, London.

van der Plank (1963). 'Plant Diseases : Epidemics and Control'. Academic Press, New York and London.

Watson, I.A. (1971). Breeding for disease resistance. Aust. Pl. Breeding Conf. Perth, W.A. 8-37.

Wood, F.A. (1966). The current status of basic knowledge of forest tree disease resistance research. Gerhold, H.D. et al. (Eds). 'Breeding Pest Resistant Trees'. Pergamon Press, Oxford. pp.293-300.

****

CONSIDERACIONES ECONOMICAS DE PROGRAMAS DE MEJORA DE ARBOLES FORESTALES

Bjerne Ditlevsen
Servicio Nacional Forestal, Dinamarca

INDICE

Introducción

Factores del mercado

Elección de procedimiento

Criterios de una evaluación del plan de mejora genética

Evaluación de costes y beneficios

Costes

- Costes fijos
- Costes variables

Beneficios

Dudas en la evaluación

Optimización de los programas de mejora

Comentarios finales

Bibliografía

INTRODUCCION

La mejora de árboles a través de manipulación genética es uno de los varios métodos disponibles para aumentar la producción forestal y la eficacia de procesos de elaboración . Así, los beneficios y costes potenciales de la mejora de árboles deben ser considerados en el contexto de toda la tarea de repoblación forestal y utilización.

Los programas de repoblación forestal pueden ser promovidos por personas, sociedades privadas, ministerios u otros órganos públicos. Si el capital proviene de fuentes privadas, el objetivo normal es maximizar los beneficios anuales. Proyectos fomentados por órganos públicos pueden establecerse con motivos sociales, pero también para obtener beneficios económicos directos. En el último caso, el objeto de los directivos será más bien el de lograr la producción máxima en lugar de maximizar los beneficios económicos, con miras a asegurar el suministro nacional de cantidades adecuadas de madera o para desarrollar (o mantener) una industria fuerte de productos forestales.

A continuación tratamos tan sólo las consideraciones relativas a los modelos financieros de coste-beneficio, pero el mejorador debe tener en cuenta que un análisis de coste-beneficio sociales puede resultar necesario en ciertos casos, lo cual puede llevar a conclusiones totalmente diferentes (Reilly, 1977).

FACTORES DEL MERCADO

El mercado de semilla genéticamente mejorada es similar al de otros productos. Los productores ofrecerán semilla según la demanda existente.

La demanda por semilla genéticamente mejorada dependerá de la naturaleza y del nivel de la demanda por los productos cultivados a base de la semilla, lo que, a su vez, reflejará la demanda por productos elaborados a base de aquéllos. Es de gran importancia, visto que el precio que los compradores quieren pagar por la semilla mejorada, será igual al precio de los productos cultivados y elaborados a base de la semilla menos los costes de cultivo y elaboración.

Como los beneficios de un programa de mejora genética de árboles se extenderán más allá de los primeros años, conviene tener alguna idea de las tendencias futuras del mercado de los productos **"elaborados"**. El nivel pronosticado de la demanda influirá en la cantidad de semilla a producir, mientras la naturaleza de la demanda tendrá influencia en los caracteres a seleccionar y la intensidad de la selección empleada.

En una situación de mercado estable en que no varían la oferta y demanda y por consiguiente, tampoco el precio, el valor a que la cantidad ofrecida de semilla genéticamente mejorada está en equilibrio con la cantidad solicitada, reflejará el precio del mercado de la semilla. Si en el mercado la oferta es excesiva y la demanda no cambia, el precio bajará, pero volverá por fin a su nivel original a medida que se reduzca la oferta. Un aumento de la demanda por semilla mejorada debido a un aumento de la plantación anual tendrá por resultado un alza del precio.

La citada descripción muy simplificada del mercado tiene relación con los precios de un excedente ofrecido a otros productores. Si la producción extra de semilla del programa de la organización representa una proporción importante del mercado total, baja el precio. Esto debe tenerse en cuenta evaluando la semilla. Y asimismo, si la organización decide comprar la semilla genéticamente mejorada a otros productores en vez de iniciar su

propio programa, la demanda aumentada puede ser suficiente para inducir un alza importante de los precios. Si el efecto en la oferta y demanda, sin embargo, no es muy grande, no tendrán importancia los cambios de precio.

Los mercados de semilla genéticamente mejorada a veces resultan altamente especializados. Los programas de mejora genética comprenden una gama amplia de especies, caracteres seleccionados e intensidades de selección. Uno o muy pocos productores muchas veces dominan el mercado, y el precio no será basado en las fuerzas de oferta y demanda del mercado, sino en el coste de producción más un margen de beneficio. El coste de producir semilla genéticamente mejorada a base de su propio programa puede ser muy distinto del precio del mercado, o sea el precio que una organización estuviera dispuesta a pagar por la semilla.

ELECCION DE PROCEDIMIENTO

Los procedimientos o estrategias alternativos son de dos categorías: los basados en la decisión de emprender o no el programa y los basados en elegir el programa de mejora genética. Las estrategias de la primera categoría son las siguientes:

1º Continuar utilizando semilla sin mejorar;
2º Comprar semilla genéticamente mejorada a otras fuentes;
3º Participar en un programa cooperativo de mejora genética de árboles;
4º Emprender su propio programa de mejora genética.

Antes de hacer una comparación de las citadas estrategias, es necesario averiguar si le resulta técnicamente posible a la organización emprender un programa de mejora genética. Esto dependerá sobre todo de la demanda existente por semilla genéticamente mejorada, los recursos disponibles de la organización, el tamaño del programa previsto y los objetivos de los directivos. Los recursos disponibles comprenden no solamente mejoradores altamente capacitados y demás mano de obra, sino también capital, terrenos y, ante todo, el tamaño y la naturaleza de la población disponible para fines de selección. Investigaciones también pueden resultar necesarias para establecer modelos de floración, técnicas de propagación vegetativa y otros procedimientos operacionales de huertos semilleros.

La forma que afecte el programa de mejora genética, dependerá principalmente de la información disponible sobre heredabilidades de caracteres de mejora importantes, la ganancia genética adicional a diferentes niveles de intensidad de selección, las relaciones genéticas entre varios caracteres, etc. Las dimensiones del programa dependerán de las necesidades de semilla de la organización y la demanda por excedente de semilla.

Generalmente, la mayoría de las organizaciones al principio no tendrán información lo suficientemente detallada para poder emprender programas amplios, y el análisis será limitado a una comparación de estos programas con una u otra de las alternativas de 1º, 2º y 3º indicadas arriba. Sin embargo, a medida que el programa avanza y se sabe más de los caracteres de mejora genética de las especies, se pueden contemplar estrategias más avanzadas.

CRITERIOS DE UNA EVALUACION DEL PLAN DE MEJORA GENETICA

Los expertos económicos todavía no han solucionado completamente el problema de elegir un critério económico apropiado para comparar beneficios y costes a lo largo de un período de años en relación con procedimientos alternativos o para aceptar un proyecto individual. Pero la mayoría ahora conviene en que es necesario tener algún método de descuento para reducir los beneficios y costes de fechas diferentes a un denominador común en un momento determinado. Hoy día, un dólar vale más a una organización que en una fecha futura, porque puede ser empleado para producir ingresos adicionales. **Los siguientes dos criterios de una evaluación se emplean con más frecuencia:**

1. El valor actual neto de un proyecto se define como la diferencia entre beneficios y costes atribuidos al proyecto actualizada a la tasa de actualización apropiada. Si el valor actual neto es positivo, el proyecto puede ser considerado económico y puede ser aceptado. Si hay más de un proyecto, debe preferirse la alternativa que ofrezca el más alto valor actual neto positivo.

2. La tasa de rendimiento interno es el tipo de actualización que da un valor actual neto igual a cero, o sea que el valor actualizado de los beneficios es igual al valor actualizado de los costes. Un proyecto individual puede ser aceptado si la tasa de rendimiento interno del mismo resulta superior a la tasa mínima aceptable adoptada para fines de inversión. La elección entre los proyectos será determinada a favor del proyecto de la tasa de rendimiento interno más alta.

En algunos casos, el proyecto que ofrece el valor actual neto más alto, no coincide necesariamente con el de la tasa de rendimiento interno más alto. En tal caso, el criterio del valor actual neto es el que debe seguirse.

El valor actual neto de un programa (VAN) puede ser expresado en forma algebráica mediante la siguiente ecuación:

$$N = \sum_{t=0}^{t} (B_t - C_t)/(1 + i)^1$$

en donde:

B_t denota los beneficios generados por el programa en el año t,

C_t denota los costes incurridos por el programa en el año t,

i denota la tasa de intereses para actualizar beneficios y costes, expresada como un decimal.

En los cálculos de la tasa de rendimiento interno no es necesaria ninguna tasa predeterminada para fines de actualización, pero para decidir si el proyecto debe ser aceptado o no se requiere una estimación de la tasa mínima de rendimiento aceptable para la organización que contempla la inversión. Esta tasa determinada será igual a la que la organización debería haber ganado en inversiones alternativas, es decir: el coste de oportunidad del capital de la misma.

La mayoría de las organizaciones de propiedad particular esperan que nuevas inversiones generen como mínimo una tasa promediada mediante una ponderación de la tasa ganada sobre varias fuentes de capital (recursos de accionistas o recursos prestados, beneficios no distribuidos e inversiones externas) de acuerdo a las proporciones relativas de dichos recursos utilizadas por la organización.

EVALUACION DE COSTES Y BENEFICIOS

El método más simple para analisar los costes y beneficios es el de limitar el análisis a las transacciones actuales al contado. Por consiguiente, los costes incluirán sueldos y salarios, precio de compra de terreno y otro activo fino, tales como edificios y planta y equipo, y los costes de materia prima. Valores deben asignarse al activo fijo y terrenos al final del horizonte de tiempo e incluirse como beneficios.

Dos aspectos deben estudiarse en esta relación. ¿En qué punto de la producción deben evaluarse los costes y beneficios relacionados con el programa de mejora genética y cómo planificarlos a lo largo de los años?

Los costes deben cargarse en cuenta en el momento de producirse. Los beneficios normalmente son evaluados en el momento de la recolección de la

semilla. Todos los costes relativos a la selección de árboles padres y al establecimiento y gestión del huerto semillero se incluyen como cosa natural en el análisis, mientras los provenientes de los ensayos de progenie, y procedencia, programas de hibridación, etc., no son atribuidos en su totalidad ni incluso parcialmente al programa de mejora principal, y, en consecuencia, puede ser necesaria alguna forma de asignación. Esto, con preferencia, debe efectuarse a base de los beneficios generados por los distintos programas. A veces, sin embargo, resulta necesario adoptar un procedimiento arbitrario basado en la estimación del mejorador.

El valor de semilla genéticamente mejorada está basado en el precio de la misma en el mercado libre (si existe) o el valor de los beneficios generados por la venta de los productos cultivados y elaborados mediante la semilla utilizando un método denominado precio del valor residual lo que implica la deducción de los costes de cultivo, cosecha, elaboración y distribución del precio de un producto terminado (o intermedio) derivado de la semilla. Los precios de madera aserrada y pasta sirven como puntos de partida apropiados para una evaluación de los beneficios de un programa de mejora genética de árboles forestales.

COSTES

Costes Fijos

Como es el caso con cualquier otra forma de cambio tecnológico, los costes de la mejora genética de árboles pueden ser fijos o bien variables en función del tamaño de la cosecha de semilla producida. Son fijos si no son afectados por el tamaño de la cosecha y variables si varían directamente en función del mismo.

La selección y los ensayos de progenie de árboles padres para el huerto semillero constituyen las fuentes principales de costes fijos relacionados con la gestión de huertos semilleros. Esto se debe a que el número seleccionado de fenotipos propagados en el huerto normalmente es independiente del tamaño del mismo.

1º El coste de selección por árbol padre

El coste de selección por árbol padre para un huerto semillero depende de la intensidad de selección y los criterios o caracteres en que se basa la selección. Van Buijtenen y Saitta (1972) demostraron que el coste de selección inicial por árbol tiende a aumentar a un ritmo relativamente más rápido a medida que aumentaba la intensidad de selección. Por ejemplo, el coste de

selección inicial por árbol a diferenciales de selección altas de 3 ó 4 desviaciones estándar por encima del promedio era casi cinco veces más grande que a una diferencial de selección relativamente baja de una desviación estándar.

El coste de selección inicial también aumenta mucho en función del número de caracteres a seleccionar. Para una intensidad de selección del uno por ciento y suponiendo que los caracteres no están correlacionados y que los costes de búsqueda ascienden a $1 por 100 árboles estudiados, el coste de selección sería el siguiente:

Número de caracteres a seleccionar	Número de árboles estudiados por árbol padre	Coste por árbol padre seleccionado ($)
1	100	1
2	10 000	100
3	1 000 000	10 000

El coste de selección aumenta 100 veces por cada carácter adicional seleccionado.

2º Ensayos de progenie

El ensayo de la progenie puede representar uno de los aspectos más costosos del programa de mejora genética, y los costes del mismo son muy difíciles de tratar . Si los ensayos de progenie están diseñados para facilitar información con miras a expurgar un huerto semillero de primera generación, el coste total de los ensayos será asignado a esta fase del programa de mejora. Si también están diseñados para facilitar la base de una selección de segunda generación, se requiere un método para asignar los costes entre los huertos de primera y segunda generación. Lo ideal sería basar la asignación en los beneficios generados por cada generación, pero puede resultar imposible cuantificarlos. Si es así, se requiere un factor general que sirva para la mayoría de los casos, como por ejemplo los costes relativos de selección.

3º Otros costes fijos

Los gastos de administración e investigación anuales constituyen las categorías restantes más importantes de costes fijos. Los gastos de administración pueden ser asignados por prorrateo entre los costes de sueldos, salarios y materiales generados directamente en cada fase de un programa de mejora, pero es más conveniente tratarlos como un coste anual fijo.

A no ser que el programa de investigación esté diseñado para beneficiar el programa de mejora efectuado junto con él, los costes deben ser cargados en cuenta de los programas de mejora futuros a favor de los cuales están diseñados, en la fecha de producirse los mismos.

Costes Variables

Los restantes costes del establecimiento y gestión de un huerto semillero están íntimamente relacionados con la superficie o tamaño. Para cualquier sistema de gestión, dependen también directamente del rendimiento de semilla. Comprenden costes de preparación del sitio, plantación, propagación vegetativa, fertilización, poda, expurgación, mantenimiento general y protección.

Los costes de establecimiento variarán en función del número de clones propagados, del método de propagaciones y del grado inicial de espesura del monte por hectárea. La producción de semilla por hectárea de una especie depende de la intensidad de la preparación del sitio, especialmente de la cantidad de fertilizantes utilizados, y del grado de espesura del monte. Keiding (1975) ha dado un resumen detallado de los costes del establecimiento de huertos semilleros.

Cuanto más grande es la superficie del huerto semillero, tanto más bajos son los costes por kilograma de la semilla producida. Sin embargo, puede llegar un momento en que el huerto sea demasiado grande y deseconomías de tamaño o escala sean aparentes, sobre todo debidas a un aumento desproporcionalmente grande de los costes de administración, y porque la recolección de material de injerto puede ser muy cara o se requieren más árboles padres.

Así, el coste de producción de semilla del huerto seguirá la curva bien conocida de forma de U de la teoría de producción, o sea que baja al principio a medida que aumenta la superficie del huerto, y sube finalmente a medida que empiezan a subir los costes fijos. Relaciones similares pueden observarse en operaciones individuales, sobre todo entre el coste promedio de fertilizantes por kilograma de semilla producida y producción de semilla por hectárea; y entre el espaciamiento de ortets y producción de semilla por hectárea.

BENEFICIOS

La mejora genética de árboles puede beneficiar a la producción forestal en cuatro maneras: en primer lugar, aumentando el rendimiento físico de madera cultivada por hectárea ("efecto de rendimiento"); en segundo lugar, induciendo un alza de los precios de los distintos productos cosechados ("efecto de precio"); en tercer lugar, reduciendo los costes ("efecto de reducción de costes"); y en cuarto lugar, disminuyendo la rotación económica para el monte ("efecto de rotación").

1º Efecto de rendimiento

El efecto puede conseguirse cultivando árboles mejorados genéticamente que den un rendimiento más alto o reduciendo pérdidas de rendimiento a través del cultivo de árboles mejor adaptados al medio ambiente, especialmente árboles más resistentes al viento en áreas con ciclones, árboles resistentes a enfermedades, insectos, daños producidos por heladas o nieve y de una mayor resistencia a las sequías. Uno de los problemas que plantean las aspiraciones para conseguir un aumento de la velocidad del crecimiento inherente, sin embargo, es la heredabilidad relativamente baja de este carácter.

2º Efecto de precio

Si suponemos que el precio de la semilla mejorada incluirá cualquier superávit económico de la cosecha y elaboración de los árboles cultivados a base de la semilla, los factores siguientes influirán en el valor o precio de la semilla.

a) Rendimiento más alto de artículos procesados. Para trozas de sierra, rectitud y conicidad mejoradas, tamaño más grande del árbol, menos madera de compresión y fibra revirada proporcionan un rendimiento más alto de la madera aserrada por unidad de volumen de rollo. Para madera de pasta, se obtiene un rendimiento más alto aspirando a cultiva árboles de una densidad básica más grande, incidencia reducida de madera de compresión y propiedades de fibra mejores. Una reducción de la variabilidad de las citadas propiedades de la madera también produce un rendimiento más grande.

b) Mejora de la clase o calidad de los artículos procesados. Clases de madera aserrada más altas y, por consiguiente, de un valor más

grande se consiguen aspirando a cultivar ramas más pequeñas, ángulo de rama mejorado, menos fibra revirada y madera de compresión, etc. Una clasificación más alta del papel se obtiene aspirando a cultivar árboles de propiedades de fibra apropiadas.

c) Reducción de los costes de corta. Dichos costes pueden reducirse a través de rendimientos más altos por hectárea, tamaño promedio del tronco más grande en el momento de la corta, espaciamiento más amplio en el momento del establecimiento y características mejores de las ramas (reducción del tiempo de desrame).

d) Reducción de los costes de procesamiento. Para trozas de sierra, árboles más rectos y más grandes con conicidad mejorada y tamaño uniforme reducen el tiempo de aserrado; propiedades de madera mejoradas pueden reducir el tiempo de secado en las serrerías y el tiempo de cocción y molienda en las fábricas de pasta.

3º Efecto de reducción de costes

Arboles de crecimiento más rápido y calidad mejor permiten a los directores forestales adoptar un espaciamiento más amplio en el momento de la plantación, lo que implica una cantidad reducida de plantitas de semilla por hectárea y acceso más fácil. Se reduce el tiempo requerido para muchas operaciones.

4º Efecto de rotación

Debido a los precios y rendimientos más altos y a los costes de cultivo más bajos, la rotación económica puede reducirse considerablemente. Esto también supone la ventaja de una reducción de los terrenos necesarios.

El lado de beneficios del presupuesto presenta el aspecto más difícil de cualquier programa de mejora genética. ¿Cómo evaluar los beneficios provenientes del programa? Como indicamos anteriormente, la evaluación puede efectuarse en dos formas: una basada en el precio de mercado de la semilla producida y la otra basada en el método del precio del valor residual.

Si se adopta el método del precio de mercado, lo cual es excepcional más bien que normal, ya que la semilla mejorada, incluso de la misma especie, raramente es de la misma calidad genética, el problema es identificar cualquier cambio de precio proveniente del aumento de la oferta de la semilla.

Si se adopta el método del valor residual, el procedimiento utilizado dependerá de los productos cultivados o procesados a base de la semilla del huerto semillero y los caracteres seleccionados.

Los beneficios que obtiene la plantación por la mejora genética de árboles, pueden ser evaluados en términos de la semilla producida actualizándose a la época en que fue recolectada la semilla, desde el momento en que se acumulan los beneficios, utilizando datos relativos al grado de espesura inicial por hectárea de plantación, capacidad germinativa de la semilla y tasas de expurgación del vivero para expresar los beneficios en términos de $ por kilograma de semilla.

DUDAS EN LA EVALUACION

La mayoría de los estudios implica una gran seguridad en que los inputs y outputs físicos de la producción y sus precios pueden ser estimados sin incurrir en errores. En la realidad, por supuesto, no es así.

Un análisis que toma en cuenta las dudas implicadas por la utilización de distribuciones de probabilidad para los inputs y outputs básicos y sus valores, resulta mucho más exacto con respecto a la colación y análisis de datos que uno basado en valores promedios o probables. Además, muchas veces es imposible hacer estimaciones subjetivas razonables de la distribución de probabilidad de muchas de las variables, especialmente en los análisis de inversiones que impliquen cambios tecnológicos, tales como la mejora genética de árboles, en los que incluso el aumento promedio de beneficios se desconoce muchas veces.

Una posible manera de resolver esta dificultad es la de suponer que cada alternativa que se evalúa, tendrá el resultado peor posible y de seleccionar la alternativa que dé el valor más alto para los criterios económicos seleccionados. Es un método sumamente conservador y puede tener como resultado que no se contemplen proyectos de altos beneficios potenciales.

Generalmente, en los proyectos de inversiones del tipo biológico los costes pueden ser evaluados con una exactitud bastante buena, pero los beneficios plantean dificultades. La mejora genética de árboles es un proyecto de este tipo. Lundgren y King (1965) y Davis (1967) resolvieron el problema calculando los niveles de la ganancia genética que deberían obtenerse en un programa de mejora genética de árboles basado en costes conocidos y luego comparando dichas ganancias con datos disponibles de ensayos de progenie. Otro método es el de limitar los estudios a los elementos ganados que pueden ser evaluados con facilidad, como por ejemplo en el análisis de Swofford y Smith (1971) de los bosques nacionales del sur de los Estados Unidos.

Finalmente, puede resultar más satisfactorio un análisis de sensitividad de los parámetros clave, tales como precios, o de los que son objeto de una estimación subjetiva o que están sujetos a grandes fluctuaciones. Este requiere una evaluacion de cada proyecto a base de los valores límite superiores e inferiores más probables de las variables clave. El objetivo principal del análisis es el de juzgar si es de suponer que un proyecto sea inaceptable en las suposiciones límite inferiores o si el órden de los proyectos que compiten, sufre modificaciones.

OPTIMIZACION DE LOS PROGRAMAS DE MEJORA

De acuerdo con la teoría de producción tradicional, el resultado óptimo de un proyecto se define por el punto en que el coste marginal es igual al precio de la producción, en donde el coste marginal se define como el coste de producción de una unidad adicional de producción. Para un proyecto de una vida de un año o menos, esto es relativamente fácil de resolver; pero para proyectos de una larga vida, tales como los programas de mejora genética de árboles, la situación se pone complicada con la intervención del tiempo como una variable adicional.

La solución más sencilla de este problema es suponer que no hay restricciones de los recursos y luego someter todas las alternativas factibles de mejora genética a análisis coste-beneficio separados. La alternativa que genere los beneficios económicos máximos, será elegida. Las alternativas pueden variarse de acuerdo al número y naturaleza de los caracteres que deben seleccionarse, intensidad de selección, número de árboles plus propagados en el huerto semillero, su superficie y el sistema de gestión adoptado. Para cada juego de caracteres a seleccionarse, habrá una gama de posibilidades de producción basadas en los citados factores.

Este método puede resultar sumamente complicado y requerir mucho tiempo a medida que aumenta el número de programas de mejora factibles. Sin embargo, debido a datos inadecuados, esto ocurre muy raramente; pero si se dispone de la información suficiente, las técnicas de programación matemática pueden resultar apropiadas.

La programación lineal fue utilizada por van Buijtenen y Saitta (1972) para derivar soluciones óptimas a base del tamaño de la cosecha, la superficie del huerto semillero y si el huerto debía ser expurgado o no. La técnica es

muy apropiada para la asignación óptima de recursos escasos entre necesidades competidoras de recursos tanto en términos de programas individuales como de tiempo. Es un proceso que puede ser efectuado en forma rápida y exacta por los computadores.

Un desarrollo más reciente es el estudio de Porterfield (1974) de las ganancias potenciales de programas de mejora genética de Pinus taeda en el sur de los Estados Unidos utilizando programación de objetivos. Esto es sencillamente una modificación de programación lineal, pero aquí las restricciones son sustituidas por los objetivos. Muchos objetivos pueden ser incluidos en esta técnica, mientras hay uno solo en la programación lineal, o sea la maximización de los réditos netos en una sola función objetiva. Caracteres que, según se considera, afectarán al volumen y al peso específico, fueron incorporados al modelo. Sólo caracteres que afectan al volumen, fueron tomados en consideración para trozas de sierra, pero ambos caracteres fueron tenidos en cuenta para madera de pasta.

La ventaja principal del modelo es que los objetivos pueden ser modificados, absoluta o relativamente, según los cambios del mercado. Puede prever la reacción genética de selección de poblaciones índigenas, expurgación y ensayos de progenie. Especificando la intensidad de selección para un carácter determinado y el deseado nivel de porcentaje de mejora, se consigue una solución que dé la desviación mínima del objetivo genético dado objeto de una restricción del presupuesto de gastos de capital.

Los fines de cualquier optimización dependerán de la organización que contempla la inversión. En vista de los cambios rápidos del mercado de productos de madera, muchas organizaciones prefieren adoptar una estrategia conservadora de mejora genética que mantenga un máximo de flexibilidad. Se puede atribuir una mayor importancia a caracteres que pueden ser importantes para varias generaciones en una gama de diferentes condiciones ambientales y económicas. Es una regla general que un aumento del rendimiento de madera por hectárea y una mayor resistencia contra enfermedades son posiblemente dos caracteres de este tipo, mientras que es de suponer que las propiedades de madera, tales como de fibra, no son tan importantes.

Otras organizaciones se preocupan más por mejorar caracteres de la primera generación que evidentemente sean inferiores y que posiblemente proporcionen grandes ganancias rápidas, y,en generaciones posteriores,concentrarse más en otros caracteres.

Hay que tener mucho ciudado con la aplicación de procedimientos muy avanzados de optimización, visto que dependen totalmente de los datos en que están basados. Los beneficios o ganancias provenientes de la mejora genética de árboles constituyen un problema principal. Todavía no se sabe mucho de las ganancias obtenidas por la mejora genética de árboles en una rotación completa de una plantación regenerada de semilla mejorada genéticamente, especialmente en los casos en que se utilizan otras técnicas culturales, tales como poda y aclareo. Para plantaciones que producen un solo producto, por ejemplo madera de pasta, y que tienen una rotación breve y no utilizan aclareos, las ganancias pueden preverse con más exactitud que para las que utilizan aclareos regulares y que producen tanto trozas de madera como madera de pasta en rotaciones de larga duración.

COMENTARIOS FINALES

La mejora genética es un programa costoso que debe justificarse por los beneficios potenciales del mismo.

Nikles (1973) da una serie de ejemplos de las consideraciones de tipo económico en relación con la mejora genética de árboles forestales.

Los mejoradores normalmente eligen un programa de mejora que permita obtener las ganancias más rápidas y más importantes y que tenga el ciclo de mejora más breve.

Smith y Zobel (1974) han demostrado que habrá pérdidas enormes de las ganancias potenciales si se desconoce la fuente de semilla, y es importante que dicha fuente sea considerada e investigada detenidamente antes de la formalización de un programa de mejora genética.

También consideraron que debido a su heredabilidad evidentemente fuerte, se puede confiar en las ganancias importantes de rectitud de los troncos, peso específico, longitud de traqueida y resistencia a la roya fusiforme.

Respecto de los costes, comprobaron que, actualizados todos los costes de un huerto semillero representativo a un punto común en el tiempo, la selección de árboles padres con sus consiguientes ensayos de progenie representaba solamente el 10 por ciento de los costes totales. En consecuencia, una mejora de las normas de selección posiblemente produce tan sólo un aumento relativamente pequeño de los costes. Esto apoya los resultados de van Buijtenen y Saitta (1972), quienes demostraron que la selección era la fase más efectiva del programa de mejora genética de árboles que estudiaron, en términos de rentabilidad de la inversión en un huerto semillero de primera generación. La

mayor parte (el 89 por ciento) de los costes totales del programa de un huerto semillero corresponde a la preparación del sitio, coste de los terrenos, supervisión, fertilizantes, protección, cosecha y extracción de semilla, y es importante darse cuenta de que los citados costes no varían en función de la calidad genética del árbol seleccionado.

Algunos caracteres pueden competer unos con otros, y parece que esto es característico de los caracteres de calidad, tales como rectitud del tronco y ramas, cuando se seleccionan en conjunto con la velocidad del crecimiento.

La rentabilidad de la mejora genética de árboles es aumentada considerablemente por ensayos de progenie y expurgación del huerto semillero (Smith y Zobel, 1974). Por consiguiente, si se desea obtener un máximo de beneficios económicos, deben utilizarse ensayos de progenie y normas altas de selección.

El rendimiento de semilla por hectárea también debe maximizarse para el huerto semillero a través de una gestión apropiada con respecto a fertilizantes y espaciamiento.

Debido a la variedad de especies y las dudas relativas a los beneficios, es difícil generalizar e indicar el método más apropiado para formular un programa de mejora genética de árboles. Quizá lo único que podemos hacer, es repetir la conclusión de Smith y Zobel (1974) de que los programas más rentables de mejora genética de árboles normalmente tienen las siguientes características:

1º Una especie que se cultive en un área amplia;
2º Los caracteres deseados tienen una heredabilidad moderada a fuerte;
3º El cruzamiento de la especie puede ser controlado con facilidad, y es una productora prolífica de semilla.
4º Los valores de los productos de madera son altos y es de suponer que se mantienen altos.

B I B L I O G R A F I A

Davis, L.S. 1967 — Investments in loblolly pine clonal seed orchards: production costs and economic potential. J. For. 65

Keiding, H. 1975 — Economic Considerations in Improved Seed Sources, FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and Handling, Chiang Mai, Thailand, 1975.

Lundgren, A.L., and King, J.P. 1965 — Estimating financial returns fram forest tree improvement programs. Soc. Amer. For. Proc.

Nikles, D.G. 1973 — Economic aspects of tree improvement. Costbenefit of tree-breeding programmes. FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement, Kenya.

Porterfield, R.L. 1974 — Predicted and potential gains from tree improvement programs - a goal programming analysis of program efficiency. N.C. State Univ. Tech. Rep. 52, Raleigh, N.C.

Reilly, J.J. 1977 — Economic Aspects of a Tree Improvement Program, International Training Course in Forest Tree Breeding, Canberra, Australia, 1977.

Smith, H.D., and Zobel, B.J. 1974 — Genetic gains and economic considerations. Tree Improvement Short Course, School of Forest Resources, N.C. State Univ., Raleigh, N.C.

Swofford, T.F., and Smith, O.D. 1971 — An economic evaluation of tree improvement on the southern national forests. U.S.D.A. For. Serv. South Reg. Pub. 10.

Van Buijtenen, J.P. y Saitta, W.W. 1972 — Linear Programming Applied to the Economic Analysis of Forest Tree Imrpovement. J. For. 70/3).

****

Participantes visitando las plantaciones de Pinus caribaea de la CONARE en Chaguaramas

PLANIFICACION Y ESTRATEGIAS DE UN PROGRAMA DE MEJORA GENETICA FORESTAL 1/

C. Palmberg, D.K. Paul y R.L. Willan

Dirección de Recursos Forestales, Departamento de Montes,
FAO, I - 00100 Roma, Italia

CONTENIDO

Introducción

Consideraciones preliminares

- Asuntos administrativos
- Asuntos técnicos

Criterios y fundamentos de la selección

- Criterios de la selección
- Fundamentos de la selección

Estrategia

- Principios generales
- Poblaciones
- Asuntos relacionados con la elección de los métodos de mejora genética
- Los métodos de mejora genética y su aplicación

Un programa de mejora genética dinámico

- Necesidades actuales de semilla
- Mejora progresiva de la semilla mediante huertos sucesivos y bancos de clones
- Conservación de recursos genéticos
- Demostración de los resultados

Organización del personal, instalaciones y administración

- Personal e instalaciones
- Revisión de los planes y publicación de los resultados

Resumen

Bibliografía

Anexos 1 - 6. Estudios modelo de estrategias para el mejoramiento de algunas especies

1/ Esta conferencia es una versión revisada de la que dictó el Dr. D.G. Nikles en el Cursillo FAO/DANIDA en Kenya en 1973 y que aparece en el informe respectivo (FAO/DEN/TF-112. FAO, Roma, 1974).

INTRODUCCION

La planificación de un programa de mejora genética forestal tiene muchos aspectos. Uno de los factores más importantes es la etapa de elaboración del proyecto de reforestación. Una situación común que sirve de punto de referencia para la presente conferencia es aquélla en la cual una especie que tiene una gran variación geográfica, conocida o supuesta, haya ya dado buenos resultados en grandes plantaciones locales. El proyecto de reforestación tiene por objeto satisfacer la necesidad de varios productos para uso local y/o para la exportación. La escala de las operaciones basta para justificar un programa de mejora genética continuo con varias generaciones.

Pueden preverse muchas variaciones, sean más avanzadas o menos avanzadas, de este modelo de referencia con las modificaciones correspondientes en los respectivos programas de mejora genética forestal. Aquí no es posible considerar varias situaciones de este tipo y por tal motivo sólo se insiste en los principios de la planificación de un programa de mejora genética forestal.

CONSIDERACIONES PRELIMINARES

La primera etapa en la planificación de un programa de mejora genética forestal consiste en determinar qué tipos de productos se necesitarán probablemente y los fines del manejo de bosques en el presente y en el futuro.

La segunda etapa consiste en estudiar lo siguiente:

Asuntos administrativos

i) Formulación y exposición de los objetivos del programa de mejora genética forestal, para contribuir con más eficacia al logro de los objetivos globales. Es preciso exponer los objetivos con la mayor claridad y precisión posibles.

ii) Disponibilidad de fondos, equipo, instalaciones y personal calificado. Puede requerirse capacitación adicional.

iii) Continuidad del programa. Conviene estimular a personas idóneas para que hagan de la mejora genética su profesión. Si hay dudas en cuanto a la continuidad del personal competente, es indispensable emplear en el programa estrategias sencillas y seguras.

iv) Posible reorganización de los recursos administrativos, para obtener locales idóneos para que el personal de mejora genética forestal esté junto al de silvicultura, suelos y nutrición, calidad y productos de la madera, manejo de bosques, etc.

v) Oportunidades de cooperación, en la labor de mejora genética a nivel local, regional, nacional e internacional. Así se puede lograr dividir los gastos de asistencia técnica e investigación, intercambiar ideas y despertar entusiasmo.

Asuntos técnicos

i) Determinación de los factores que limitan la producción forestal en la región y modo de manejarlos para alcanzar los objetivos globales establecidos. Es indispensable basar el programa de mejora genética forestal en una silvicultura, un manejo y una utilización atinados. Conviene tener presentes los plazos relativamente largos de la labor de mejora genética forestal y la posibilidad de que las técnicas de manejo y utilización del bosque cambien rápidamente.

ii) Elección de las especies y procedencias para obtener el tipo de producto deseado. Es indispensable identificar las especies y procedencias mejores para cada tipo principal de estación.

Conviene buscar información biológica básica sobre la especie (por ejemplo, variabilidad ecológica y morfológica, variación individual y facilidad de propagación por semilla o por la vía vegetativa), así como posibles técnicas de mejora basadas en la experiencia de otros países. Con frecuencia es conveniente aprovecharse de características biológicas específicas de una especie determinada.

iii) Determinación de las características fáciles de manejar por vías genéticas. Hacer estudios básicos para obtener estimaciones fiables de los parámetros genéticos es muy importante para aumentar la eficacia de la selección y de la estrategia de mejora genética.

La elaboración de métodos sencillos de evaluación, anotación y elaboración de los datos suele ser necesaria para la realización de estos estudios.

iv) Estimación del número de generaciones y de años necesarios para lograr cierto grado de mejora de características importantes. Conviene hacer un estudio crítico de estos datos y compararlos con el grado de urgencia con que se necesite el material mejorado.

v) Recolección de los datos para el análisis de costos y beneficios durante todo el desarrollo del programa.

Del análisis de costos y beneficios tratan obras tales como Van Buijtenen (1975); Porterfield (1978); Reilly y Nikles (1978); Teich y Carlisle (1978) y van der Meiden (1978).

CRITERIOS Y FUNDAMENTOS DE LA SELECCION

Criterios de la selección

Al escoger las características que se incluirán en el programa, conviene limitarse a unas pocas que tengan gran potencial de utilidad económica y que no puedan mejorarse a menor costo con métodos de cultivo o tecnológicos. Conviene incluir una característica si interesan uno o más de los factores siguientes:

i) gran valor económico

ii) probabilidad de que el valor de la característica se mantenga aunque cambie la demanda de los productos específicos en el futuro

iii) gran variabilidad y heredabilidad, ya que indican un gran potencial de ganancia genética

iv) la característica tenga una correlación positiva, o bien sea independiente de otras características deseadas

v) interacción favorable o combinación positiva entre los métodos genéticos por una parte y , por otra, los métodos de manejo y la mejora non-genética.

Algunas características son convenientes virtualmente para todos los productos finales y por eso cabe prever que mantendrán su importancia primordial por mucho tiempo. Estas son: la buena salud, el crecimiento rápido, la ausencia de malformación, el tronco recto, el gran ángulo de las ramas. Varias otras características tienen mucho valor para productos específicos, por ejemplo, propiedades especiales de la madera, forma de ramificación, diámetro de las ramas, longevidad de las ramas y defectos del tronco tales como agujeros de conos.

Al planificar un programa es preciso prestar atención al orden de importancia económica probable de los posibles criterios de selección muchos años después, y modificar este orden según los resultados previstos de la mejora genética. A continuación se puede determinar el mérito global de cada árbol escogido preliminarmente para el programa de mejora genética.

Fundamento de la selección

El grado de mejora genética que se puede alcanzar en determinadas características mediante la selección depende de tres componentes, a saber: (i) variación, (ii) heredabilidad, y (iii) proporción de árboles seleccionados. El grado de mejora se expresa como ganancia genética, ΔG, la que es igual al producto de la heredabilidad por la diferencial de selección.

i) La variación de las características a mejorar es un requisito previo y un punto de partida para todo programa. Conviene hacer la selección inicial en grandes poblaciones en las que no se haya estrechado la base genética; una base estrecha se encontrará, por ejemplo, en rodales en los cuales la semilla que originalmente se usó para establecerlos fue recolectada de unos pocos árboles.

ii) La heredabilidad (h^2) es la medida del grado en el cual un carácter exprime la influencia de la herencia en comparación con el ambiente y se expresa como la proporción entre la variación genética y la fenotípica (causada por la herencia sumada al ambiente) (Para más detalles, véase la ponencia sobre genética cuantitativa). Si la selección se realiza en rodales coetáneos con espaciamiento regular en sitios uniformes, se minimizan los efectos ocultantes del ambiente y aumenta la exactitud de la determinación de la proporción genética de la variación. Al seleccionar árboles superiores, esta exactitud puede aumentarse aún más estratificando la plantación según la clasificación de los sitios, comparando los árboles propuestos superiores con árboles vecinos que crecen en sitios semejantes, reajustando el volumen total según los efectos del tamaño de la copa, etc.

iii) Proporción de árboles seleccionados. El componente de ganancia más sujeto a la influencia del mejorador es la proporción de árboles seleccionados en la población. La intensidad de la selección se mide según la diferencial de selección (s), o sea, la diferencia entre la media de los árboles seleccionados por determinada característica y la media de la población inicial con la misma característica. En teoría, mientras mayor es la diferencial de selección, mayor es la ganancia genética. Sin embargo, hay que considerar que en la práctica la extensión del área en que se busca sube logarítmicamente en comparación con el valor de la diferencial de selección (Shelbourne, 1973), esto equivale a decir que, para que se doble el diferencial de selección, uno tendrá que aumentar el área incluída en la búsqueda por diez veces. Así el costo de la búsqueda de "un árbol en un millón" no permite lograr una diferencial de selección igualmente grande y convendrá hacer una selección menos rigurosa de los individuos que se incluirán en la primera vuelta del programa de mejora genética (alrededor de 0,1 por ciento). En la práctica, los países que tienen plantaciones cuya extensión es relativamente pequeña tendrán que hacer una selección menos intensa aún (probablemente seleccionando alrededor del 1 por ciento de los árboles).

ESTRATEGIA

La determinación del sistema más eficaz de manejo de las diversas partes de un programa de mejora genética dentro de las limitaciones de tiempo y demás recursos disponibles puede ser compleja y por eso es necesario encontrar soluciones de transacción cuando hay intereses contradictorios. El plan que se elabora en base al cumplimiento de todas las condiciones necesarias recibe el nombre de estrategia de mejora genética y los procedimientos biológicos, tales como el injerto y la polinización dirigida, se denominan técnicas de mejora genética. Así una estrategia de mejora genética es un método para lograr la mejora máxima empleando la especie, los recursos y las condiciones presentes.

Principios generales

La mejora genética persigue tres objetivos principales, a saber:

i) obtener semilla u otro material genéticamente mejorado para su uso inmediato

ii) seleccionar material de mejora genética idóneo para su uso en el futuro

iii) obtener información genética adecuada para su uso en el presente y en el futuro.

Además, hay que tener en cuenta la necesidad de conservar recursos genéticos de las poblaciones originarias y de las "razas locales" ("land races") de las especies interesadas.

Poblaciones

El objetivo a largo plazo que persigue el mejorador genético forestal es obtener poblaciones reproductoras óptimas para crear genotipos cumulativamente mejores para huertos semilleros de la segunda y siguientes generaciones (Namkoong, 1972). Esto implica una grave contradicción entre las ganancias potenciales a corto y a largo plazo, ya que reduciendo la base genética a través de selección repetida, se reduce el tamaño efectivo de la población. Esta contradicción se puede atenuar manteniendo lado a lado una jerarquía de poblaciones separadas que representen una serie de intensidad de selección creciente, pero un tamaño decreciente de la población efectiva (Burdon, Wilcox y Shelbourne, 1978). Estas poblaciones son las siguientes:

i) **Acervo de genes** - Población en la cual se mantiene toda la gama de la variación genética; a veces puede ser igual a la población de base.

ii) Población base (población de selección) - Población grande dentro de la cual se seleccionan árboles superiores; se recomienda alrededor de 1 millón de árboles (500-1 000 ha).

iii) Población reproductora - Población seleccionada que contiene como mínimo 200-300 árboles escogidos por su superioridad dentro de la población base. Se emplea en todo o en parte para engendrar la población de selección siguiente.

iv) Población de producción de semillas - Población de 30-100 árboles plantados para producir semilla para plantaciones forestales (o sea, para la población productora de madera).

Hay muchas variaciones de este modelo. La propagación vegetativa en masa permite eliminar la población productora de semillas como entidad separada, y el huerto semillero formado con plantas de semilla permite a veces combinar (ii) con (iii).

La población productora de semilla clásica es el huerto clonal; la intensidad de selección en recoger los árboles madres suele ser alta, pero el número de clones incluidos en el huerto tendrá que ser suficientemente grande como para dar "seguridad" genética (o sea, contiene, decimos, un número mínimo de 25 clones). En la población productora de semillas es conveniente el máximo de exogamia aunque es permisible que los genitores individuales tengan un coeficiente de consanguinidad relativamente alto. La población reproductora que contiene también los genotipos productores de semilla, representa un compromiso entre (i) una población seleccionada usando el diferencial de selección máximo y, (ii) una población que contiene toda la variación genética disponible. Sin embargo, es posible escoger individuos superiores por determinadas características en esta población. El acervo de genes de los árboles, aunque destinado a la conservación de genes, no puede excluirse de todos los procesos selectivos naturales. Parece razonable una selección silvícola leve, mientras la conservación en varios ambientes contrastantes contribuye a mantener la diversidad genética (Burdon, Shelbourne y Wilcox, 1978).

Asuntos relacionados con la elección de los métodos de mejora genética

Las ganancias que probablemente pueden lograrse mediante la mejora genética forestal pueden ser muy grandes y son duraderas. Si las poblaciones reproductoras se mantienen variables y relativamente grandes (nunca menos de 50 individuos no emparentados) puede progresarse constantemente por muchas generaciones a través del proceso de selección.

El conocimiento de los principios biológicos y de las orientaciones técnicas siguientes puede facilitar la toma de decisiones cuando se realizan programas de mejora genética:

i) La mayoría de los individuos de la mayoría de las especies forestales que se usan en la reforestación sufren una depresión del crecimiento por endogamia. Por tal motivo, es indispensable mantener una base genética amplia, en la población base y en la reproductora, para lograr el apareamiento de individuos no emparentados.

ii) Con poblaciones base pequeñas, por ejemplo, sólo 1 000 individuos, es necesario sacrificar una proporción de la ganancia; para conseguir una población sucesiva suficientemente grande hay que incluir una gran proporción de los árboles de la población original en la población seleccionada, conformándose así con una intensidad de selección y un diferencial de selección relativamente bajos.

iii) Algunos individuos pueden tener una aptitud de combinación específica (ACE) muy alta; ésta sólo puede utilizarse mediante cruces dirigidos. Por eso conviene incluir cruces dirigidos a escala experimental en una de las primeras etapas del programa. La elección de los diseños de apareamiento apropiados es de importancia fundamental para este aspecto de la estrategia (véase la ponencia que trata sobre este tema).

iv) El establecimiento de ensayos cubriendo todo el rango de sitios potenciales de plantación es necesario para poder estimar los efectos de las interacciones familia-ambiente.

v) Conviene que los experimentos de familias contengan por lo general un gran número de individuos, del orden de los 100 hermanos y hermanas por familia. Conviene que el número de árboles por parcela sea pequeño y el de réplicas grande.

vi) Es necesario conocer bien las características biológicas de la especie, para poder aprovecharlas en el programa de mejora, por ejemplo, recurriendo a la propagación clonal, a la polinización en masa, a la hibridación, etc.

vii) Cuando en un programa de mejora genética hay un número insuficiente de clones convenientes, puede mejorarse la situación seleccionando en el lugar o importando más material, para inyectar "sangre nueva" a la población reproductora.

Los métodos de mejora genética y su aplicación

Hay dos estrategias principales fundamentales: la de la progenie por reproducción sexual y la de la progenie por reproducción vegetativa.

Selección con regeneración por semilla

a) Selección fenotípica, simple o recurrente. Ejemplo: selección de árboles fenotípicamente superiores, recolección de semilla obtenida por polinización libre y mezclar la semilla. La semilla de los árboles seleccionados originales se cosecha continuamente (selección en masa simple), o se realiza la selección y la recolección de semilla ocasionalmente dentro de su progenie (selección en masa recurrente). Este método es barato y puede ser muy eficaz cuando la diferencial de selección es grande y la selección fenotípica es relativamente exacta (gran heredabilidad y efectos ambientales minimizados dentro de la población de selección). Ha dado buenos resultados en muchos países y con muchas especies.

b) Selección fenotípica y ensayos de progenie, con o sin control de la polinización.

c) Selección con pleno control de la polinización y sin ensayos de progenie. Ejemplo: Huertos semilleros clonales, y de plantas obtenidas por polinización dirigida.

d) Como arriba, pero con ensayos de progenie periódicos y depuración recurrente, seguida de selección. Ejemplo: Huertos semilleros clonales y de plantitas obtenidas por polinización dirigida (a) con eliminación de clones o familias e individuos inferiores, o (b) utilizando los resultados de los ensayos para seleccionar material para nuevos huertos. Obsérvese que la eliminación de clones inferiores en los huertos semilleros clonales puede dar lugar a una ganancia limitada si no contienen un número relativamente grande de clones (50+) y si no se han plantado con un espaciamiento relativamente pequeño.

En algunos casos, cuando se ha observado una aptitud de combinación específica grande pueden plantarse huertos bi-clonales para la producción de semillas.

e) Hibridación de especies o procedencias. Ejemplo: Especies de alerce híbridas en Europa y Japón; P. elliottii x P. caribaea var. caribaea en Queensland (Australia). Este método es interesante en algunas circunstancias especiales (Brown, 1972).

Selección con reproducción clonal

a) Sin ensayos. Ejemplo: Algunas plantaciones de álamos y sauces; P. radiata en Nueva Zelandia, en forma limitada.

b) Con ensayos clonales. Ejemplo: Plantaciones de álamos y sauces; Cryptomeria en Japón; los propuestos para P. radiata en el futuro en Nueva Zelandia y para Eucalyptus híbridos en el Congo. Se obtiene una ganancia elevada, pero es un procedimiento "sin salida", a no ser que se incluya un programa de cruces controlados para producir periódicamente nuevas combinaciones para nuevas poblaciones de selección.

UN PROGRAMA DE MEJORA GENETICA DINAMICO

Necesidades actuales de semilla

Las posibles fuentes de semilla mejorada para uso inmediato son las siguientes:

i) La selección fenotípica y la recolección de semilla en plantaciones locales de buena procedencia generalmente produce poblaciones bien adaptadas y da una mejora genética modesta. La ganancia genética se limita debido a la índole no seleccionada de los genitores que producen el polen.

ii) Recolección de semillas de áreas de producción de semillas o rodales semilleros raleados.

iii) Semilla importada. Semilla de procedencias idóneas en rodales naturales o excedentes de semilla de un programa de mejora genética externo que use una procedencia idónea plantada en condiciones semejantes. Sólo conviene usar semilla mejorada importada para enriquecer un acervo genético seleccionado localmente (véase párrafo abajo). No debe sustituir nunca las selecciones locales.

Mejora progresiva de la semilla mediante huertos sucesivos y bancos de clones

Los métodos arriba mencionados, de obtenerse semilla algo mejorada para satisfacer necesidades inmediatas, conviene emplearlos a la brevedad posible en el programa, pero con éstas se obtienen ganancias relativamente pequeñas. En los huertos semilleros clásicos se logran mayores ganancias, pero el plazo es más largo.

Huertos de producción

Una solución de transacción y una estrategia útil para ganar tiempo consiste en plantar anualmente huertos semilleros clonales (o derivados de plantitas de semilla) empleando el mejor material disponible cada año.

Población reproductora en bancos de clones

Como se explicó anteriormente, la población de producción de semilla se reduce continuamente a un núcleo superior (nunca menos de 15–25 clones por huerto de producción aproximadamente); la eliminación se basa en los ensayos de progenie. Paralelamente con estos huertos es indispensable formar para las generaciones sucesivas de selección nuevas poblaciones de selección genéticamente muy variables, y genéticamente conocidas.

Para esto se requiere aparear un gran número de árboles no emparentados. Se puede lograr mediante la reproducción vegetativa de árboles seleccionados y haciendo los cruces en un banco de clones plantado con tal fin. En esta forma se pueden obtener y seleccionar continuamente (i) poblaciones reproductoras con gran variabilidad genética, y (ii) poblaciones de producción de semilla con bases genéticas relativamente estrechas. Puede ser preciso tomar medidas especiales para mantener la diversidad en las poblaciones reproductóras y de selección, tales como la importación del material nuevo mencionado antes o la producción de "cruces amplios" (por ejemplo, entre individuos de diferentes procedencias) (Zobel y McElwee, 1964; Zobel et al, 1972). Si se toman las debidas precauciones para mantener un número "suficiente" (> 50) de individuos no emparentados en la población reproductora se puede prever la posibilidad de avanzar constantemente por muchas generaciones, sin necesidad de agregar nuevas plantas relativamente poco seleccionadas simplemente para establecer la variabilidad genética perdida.

Conservación de recursos genéticos

El mejorador de árboles debe preocuparse de conservar la diversidad observada en las poblaciones naturales tanto para la investigación como para obtener en el futuro combinaciones de genes que actualmente no se precisan (Kemp et al. 1972; Nikles, 1973b; Yeatman, 1973, Zobel, 1973). La ponencia sobre la conservación trata de las estrategias respectivas.

Demostración de los resultados

Libby (1973) presenta la idea de establecer "demostraciones políticas" como una forma útil de plantación. Hay plantaciones situadas convenientemente cuyo diseño es simple y tienen por objeto demostrar los resultados del programa en la forma menos ambigua posible. Puede convenir incluir adrede material de mala calidad, por ejemplo, procedencias no satisfactorias y lotes de semilla corriente así como material mejorado.

ORGANIZACION DEL PERSONAL, INSTALACIONES Y ADMINISTRACION

Personal e instalaciones

Es indispensable nombrar un mejorador de árboles, profesional capacitado, competente e interesado, para que se encargue de planificar y realizar el programa de mejora genética consultando a los encargados principales del manejo y la utilización. Para un programa de gran envergadura conviene que el mejorador de árboles cuente con los servicios de técnicos capacitados y trabajadores especializados.

En la oficina principal o cerca de la misma conviene disponer de buenos servicios biométricos y de bibliotecas. Puede ser necesario tomar medidas especiales para elaborar técnicas eficaces y programas de computadora que faciliten la recolección, el proceso y el análisis de los datos. Conviene que el mejorador de árboles y los biometristas se mantengan informados sobre las novedades relativas al apareamiento y al diseño de campo y se ocupen de su aplicación a los problemas locales. Conviene ofrecer al mejorador de árboles la oportunidad de participar en reuniones científicas, cursillos y cursos de capacitación regionales, nacionales e internacionales, de tiempo en tiempo. Conviene estimular al grupo local o al personal de la

oficina principal para que celebre ocasionalmente seminarios y debates destinados a examinar los resultados y los problemas de sus programas, contribuyendo cada uno al logro de los fines globales del manejo.

Es utilísima la colaboración con mejoradores de árboles en otros países u otras regiones que se ocupen de la misma especie en condiciones semejantes; se pueden organizar visitas periódicas recíprocas entre mejoradores de diversos programas.

Todas estas cosas contribuyen al logro de un examen constante de la orientación y los objetivos del trabajo y a dar vitalidad y motivación al personal.

Revisión de los planes y publicación de los resultados

Conviene revisar periódicamente el plan de mejora genética forestal al re-examinar exhaustivamente los objetivos y los métodos. Conviene presentar memorias y programas de trabajo anuales para las consultas con los funcionarios administrativos y para someterlas al examen de colegas expertos bien dispuestos.

Conviene considerar la publicación de los resultados como una obligación para colegas y como un medio para informar a los patrocinadores y administradores sobre los resultados (positivos o negativos) y las dificultades y como un ejercicio intelectual para el personal de mejora genética forestal.

RESUMEN

La planificación de un programa de mejora genética forestal eficaz, adaptado a las necesidades del manejo y la utilización de los bosques y a los recursos disponibles, abarca las siguientes actividades y decisiones principales:

i) Definir de manera apropiada los objetivos del programa, especialmente en cuanto a su duración, el grado de mejora deseado y las características que mejor pueden manejarse por vía genética.

ii) Determinar los recursos a disposición, por lo menos para algunos años. Nombrar y estimular a un mejorador de árboles interesado para que ayude a planificar y ejecutar el programa con la ayuda de buenos colaboradores.

iii) Localizar poblaciones idóneas, en cuanto a procedencias, tamaño, edad, estación, etc., para la selección.

iv) Reunir información de interés sobre la biología de la especie y decidir las áreas en las que es preciso seguir investigando. Confirmar y elaborar técnicas apropiadas de injerto, polinización, producción de plantitas, etc.

v) Escoger criterios de selección apropiados y limitar su número.

vi) Iniciar el proceso de obtención rápida de semilla algo mejorada.

vii) Elaborar una estrategia de selección eficaz y flexible que permita establecer en la población reproductora un número de árboles suficientemente grande, tomando en cuenta el programa planificado y el número de generaciones en las cuales son previstos programas de mejoramiento genético.

viii) Elaborar estrategias de mejora genética a largo plazo, dinámicas y flexibles, teniendo en consideración los objetivos, los recursos, los plazos, la semilla necesaria,las características de la especie y los asuntos relacionados con la conservación y la utilización. Conviene estudiar atentamente las posibilidades de colaboración con otras instituciones, regiones y países interesados en la misma especie.

ix) Tomar medidas administrativas eficaces y efectuar exámenes periódicos del programa y sus modificaciones según convenga.

BIBLIOGRAFIA

Allard, R.W. (1960) Principles of Plant Breeding. (Wiley, N.Y.).

* Anón. (1978) Documentos de la Tercera Consulta Mundial Sobre Mejora de Arboles Forestales. CSIRO. Canberra, Australia.

Brown, A.G. (1973) Notes on IUFRO Quantitative Genetics Workshop - Tokyo, 1972. Proc. Third Meeting Reps., Rec. Working Group No. 1, Mt. Gambier, 1972. App. 17: 1-6. Forestry and Timber Bureau, Canberra, Australia.

Burdon, R.D., and Shelbourne, C.J.A. (1971) Breeding Populations for Recurrent Selection - Dilemmas and Possible Solutions. N.Z. J. For. Sci. 1 (2): 174-193.

* Burdon, R.D., and Shelbourne, C.J.A., and Wilcox, M.D. (1978) Advance Selection Strategies. Proc 3rd World Consult. For. Tree Breeding. FO: FTB-77-6/2. Canberra, Australia.

* Burley, J., and Nikles, D.G. (Eds.) (1972/73) Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers. I, II. Commonw. For. Inst. Oxford, U.K.

Burley, J., and Nikles, D.G. (Eds.) (1973) Tropical Provenance and Progeny Research and International Cooperation. Commonw. For. Inst. Oxford, U.K.

Burrows, P.M. (1967) Seed Orchard Systems for Tree Breeding. Rhod. Zamb. Mal. J. Agric. Res. 5: 273-280.

Burrows, P.M. (1970) Coancestry control in forest tree breeding plans. 2nd meeting of Working Group on Quant. Gen. Eds. Namkoong and Stern. South. For. Exp. Sta. New Orleans.

Cosco, J.N. (1970) Genetic Selection Criteria in Pinus radiata. M.Sc. Thesis. 122 pp. Aust. Nat. Univ., Canberra, Australia.

Dorman, K.W. (1976) The Genetics and Breeding of Southern Pines. USDA FS Handbook 471.

Eldridge, K.G., Brown, A.G., and Matheson, A.C. (1977) Genetic gain from a Pinus radiata wood orchard.

* FAO (1973) Información sobre Recursos Genéticos Forestales. Doc. Occasional For. 1973/1. 38 pp. (FAO Rom).

* Faulkner, R. (1975) Seed orchards. Gt. Br. For. Comm. Bull. 54

* Kemp, R.H., Burley, J., Keiding, H., and Nikles, D.G. (1972) International cooperation in the exploration, conservation and development of tropical and sub-tropical forest gene resources. Seventh World Forestry Congress. Argentina. 1972.

Libby, W.J. (1969) Seedlings vs. vegetative orchards. FAO - North Carolina State Univ. Forest Tree Improvement Centre, 1969. Lecture Notes: 306-16. School of Forest Resources, N.C. State Univ., Raleigh.

* Libby, W.J. (1973) Domestication strategies for forest trees. Can. J. For. Res. 3, 265-76.

* Namkoong, G. (1972) Foundations of Quantitative Forest Genetics. 85 pp. The Govt. For. Expt. Station of Japan.

Namkoong, G. , Snyder, E.B., and Stonecypher, R.W. (1966) Heritability and Gain Concepts for Evaluation Breeding Systems such as Seedling Orchards. Silvae Genetica 15(3): 76-84.

Nikles, D.G. (1970) Breeding for Growth and Yield. In: Forest Tree Breeding. Unasylva 24 (2-3), 97-98: 9-22.

Nikles, D.G. (1973-a) A Proposed Breeding Plan for Improvement of Caribben Pine (Pinus caribaea Morelet var. hondurensis Barr. and Golf.) Based on International Cooperation. In: Burley, J., and Nikles, D.G. (Eds.), 1973 - Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers. 2. (Commonw. For. Instit., Oxford, England).

* Nikles, D.G. (1973-b) Biology and Genetic Improvement of Araucaria cunninghamii Alt. in Queensland, Australia. In: Burley, J., and Nikles, D.G. (Eds.), 1973 - Selection and Breeding to Improve Some Tropical Conifers. 2. (Commonw. For. Instit., Oxford, England)

* Nikles, D.G. (1974) Planning a tree improvement program. Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement. FAO/DEN/TF 112. (FAO, Rome) 225-42.

* Nikles, D.G., Burley, J., and Barnes, R.D. (1978) Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees. I, II. Commonw. For. Inst., Oxford, U.K.

* Porterfield, R.L. (1978) Economic Evaluation of Tree Improvement Programmes. Proc. 3rd. World Consult. For. Tree Breeding. FO: FTB-77-5/2. Canberra, Australia.

* Reilly, J.J., and Nikles, D.G. (1978) Benefits and Costs of Tree Improvement: Pinus caribaea. Proc. 3rd. World Consult. For. Tree Breeding. FO: FTB-77-5/3. Canberra, Australia

Roche, L. (Ed.) (1978) Metodología de la Conservación de los Recursos Genéticos Forestales. FO: MISC/7518. FAO. Rome.

Shelbourne, C.J.A. (1969) Tree Breeding Methods. Tech. Paper No. 55. 43 pp. New Zealand For. Serv., For. Res. Instit., Rotarua.

* Shelbourne, C.J.A. (1971) Planning Breeding Programme for Tropical Conifers. N.S. For. Serv. Reprint No. 548. 20 pp. For. Res. Instit., Rotarua.

Stonecypher, R.W. (1966) The Loblolly Pine Heritability Study. Internat. Paper Co. Tech. Bull. 5:1-128.

Stonecypher, R.W. (1970) Multiple trait breeding. Unasylva 24 (2/3), 48-51.

* Teich, A.H., and Carlisle, A. (1978) Análisis de Costos y Beneficios en Programas de Mejora Genética Forestal. Unasylva Vol. 30, No. 118/119.

* van Buijtenen, J.P. (1975) The planning and strategy of seed orchard programs, including economics. In: Faulkner, R. Seed Orchards Gt. Br. For. Comm. Bull. 54.

van der Meiden, H.A. (1978) Economics of Poplar Breeding. 3rd. World Consult. For. Tree Breeding. FO: FTB-77-5/4. Canberra, Australia.

Willan, R.L., and Palmberg, C. (1974) Improved use of forest genetic resources. Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement. FAO/DEN/TF 112 (FAO, Rome). 90-101.

Wright, J.W. (1976) Introduction to Forest Genetics. (Academic Press, N.Y.).

* Yeatman, C.W. (1973) Gene Conservation in Relation to Forestry Practice. Thirteenth Meeting of the Committee on Forest Tree Breeding in Canada. Proc. 2: 13-17. Canadian For. Serv., Ottawa.

* Zobel, B.J. (1973) Gene Preservation by Means of a Tree Improvement Programme. Thirteenth Meeting of the Committee on Forest Tree Breeding in Canada, 1971. Proc. 2: 13-17. Canadian For. Serv., Ottawa.

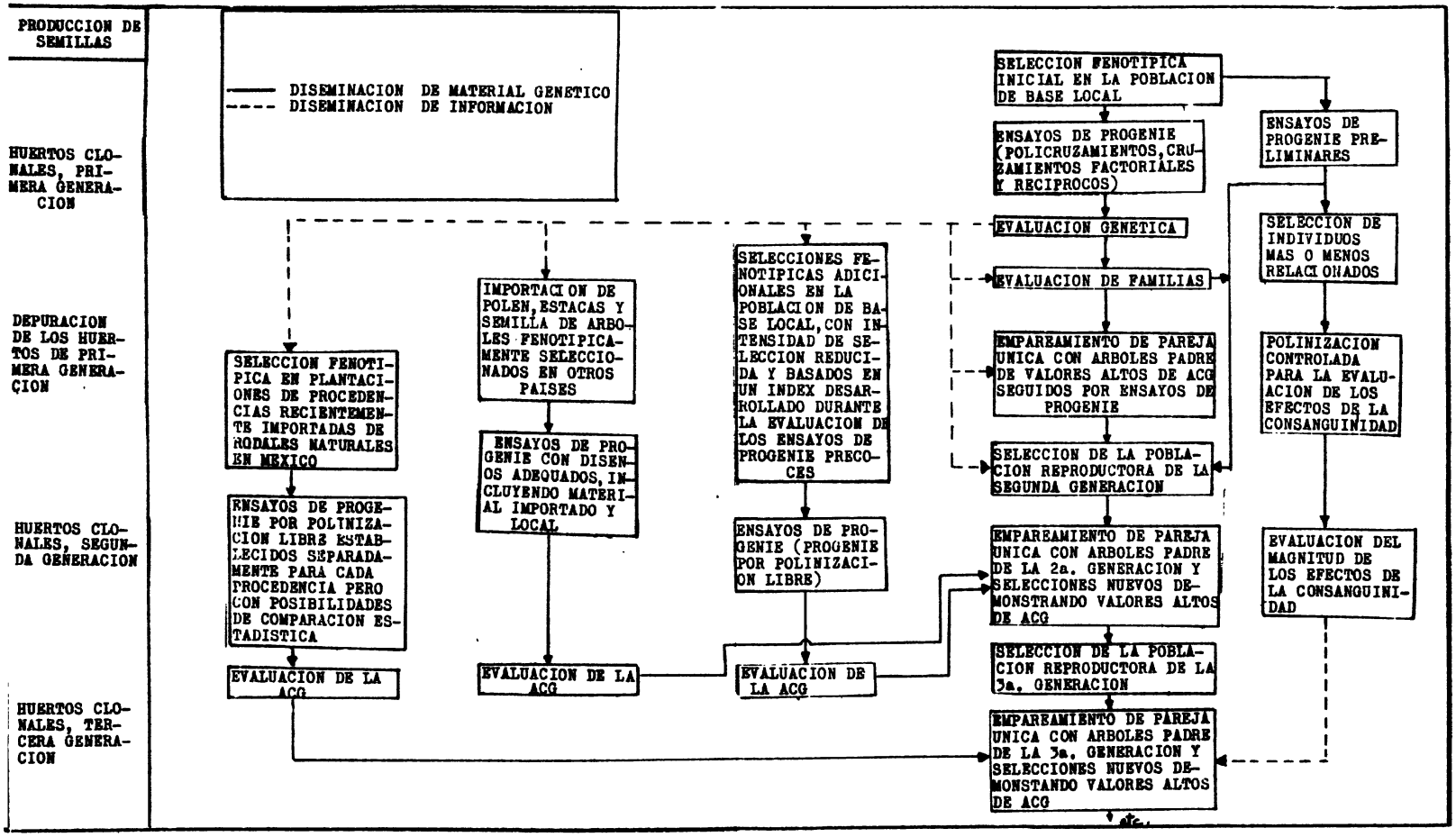
Zobel, B.J., and McElwee, R.L. (1964) Seed Orchards for the Production of Genetically Improved Seed. Silvae Genetica 13 (1-2): 4-11.

Zobel, B.J., Weir, R.J., and Jett, J.B. (1972) Breeding Methods to Produce Progeny for Advanced-generation Selection and to Evaluate Parent Trees. Can. J. For. Res. 2: 339-345.

Las referencias marcadas con un asterisco (*) ya han sido citadas en el texto de la ponencia.

ANEXO 1.

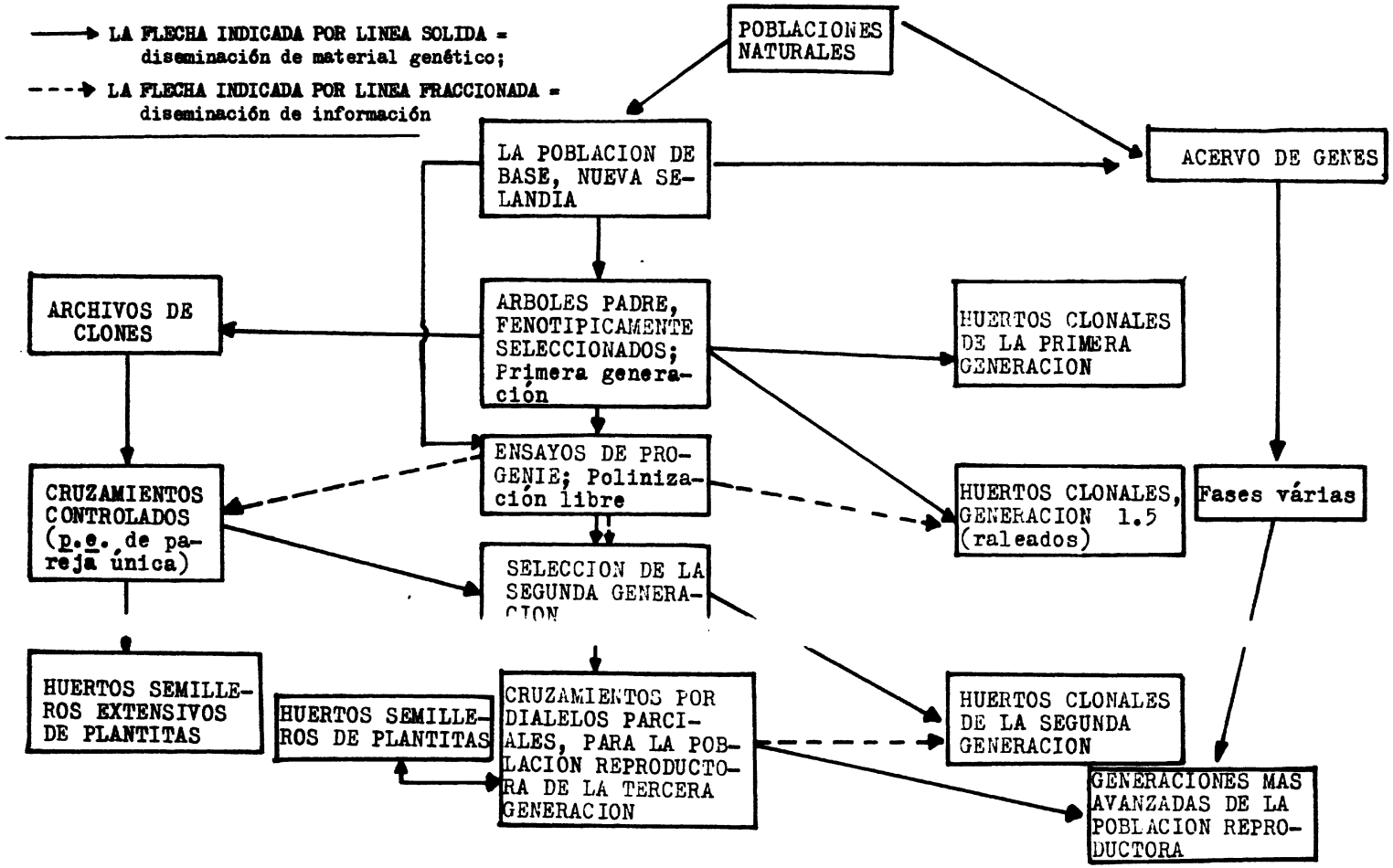
ESTRATEGIA PLANEADA PARA LA MEJORA GENETICA DE PINUS PATULA - Presentación esquemática γ



γ Traducción de Figura 1 en: Barnes, R.D.(1978). The National Programme for Genetic Improvement of Pinus patula in Rhodesia. En:Progress and Problems of Genetic Improvement of Tropical Forest Trees (Editores: Nikles, D.G., Burley, J. y Barnes, R.D.); Vol.II. CFI, Oxford.

ANEXO 2.

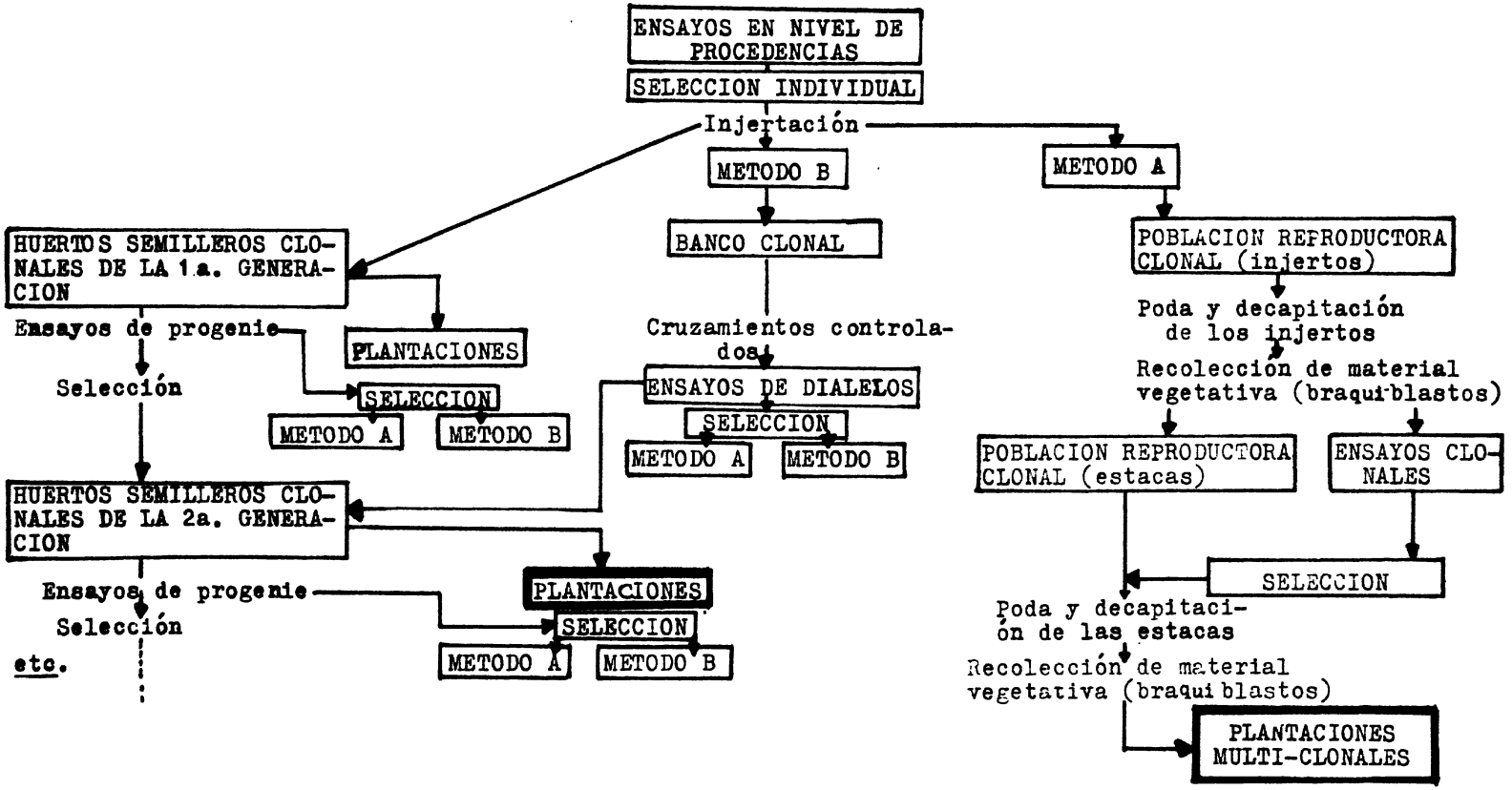
ESTRATEGIA DE UN PROGRAMA DE MEJORA GENETICA DE PINUS RADIATA EN NUEVA ZELANDIA - Presentación esquemática γ



γ Traducción de Figura en: Burdon, R.D.; Shelbourne, C.J.A. y Wilcox, M.D. (1978). Advanced Selection Strategies. En: Proc. Third World Consultation on Forest Tree Breeding. FO-FTB-77-6/2. Canberra, Australia

ANEXO 3.

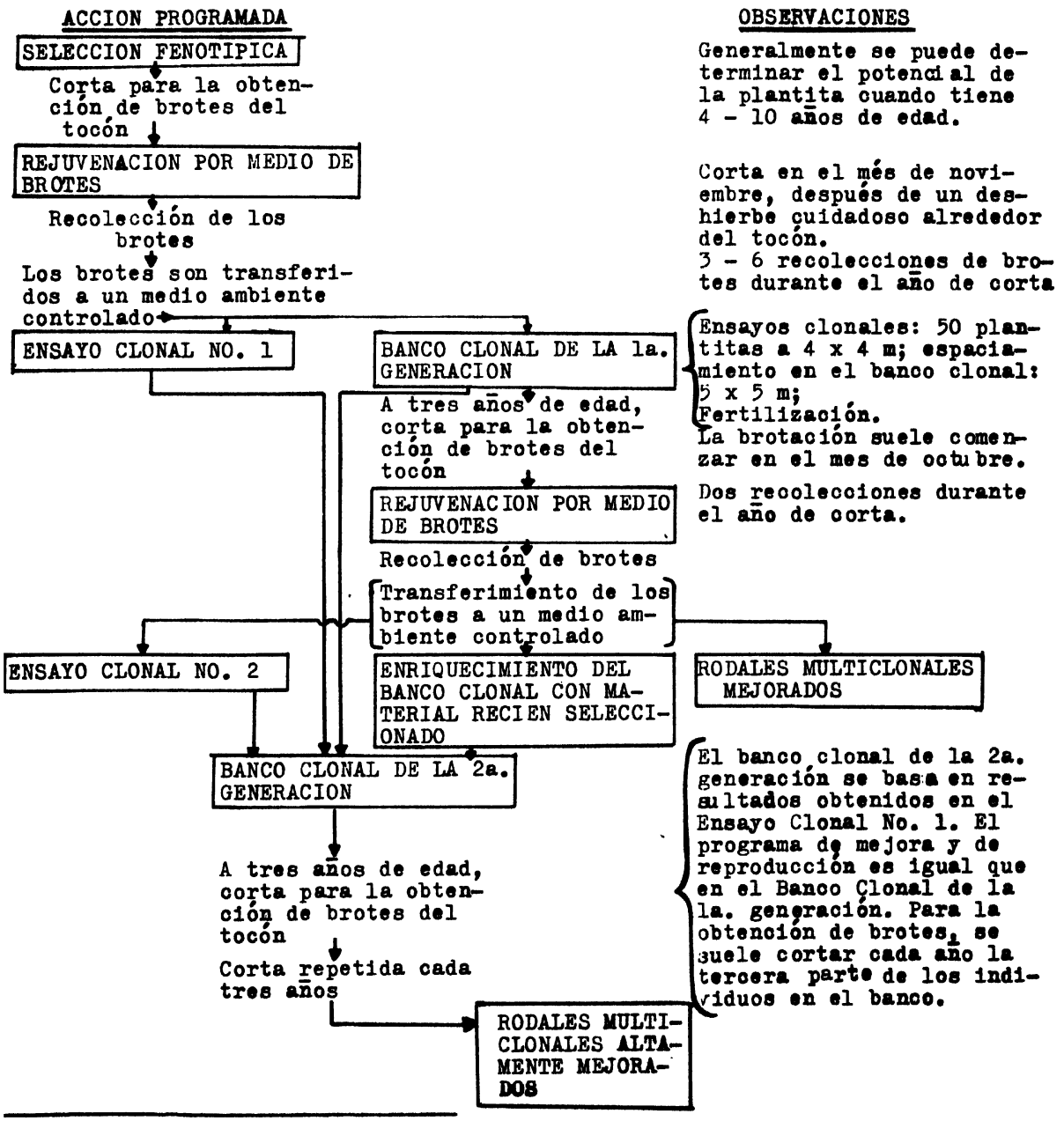
ESTRATEGIA DE LA MEJORA GENETICA DE PINUS CARIBAEA EN CONGO BRAZZAVILLE - Presentación esquemática γ



γ Traducción de Apéndice I en: Chaperon, H. (1978). Amelioration genetique de Pinus caribaea au Congo Brazzaville. En: Proc. Third World Consultation on Forest Tree Breeding. FO-FTB-77-3/9. Canberra, Australia.

ANEXO 4.

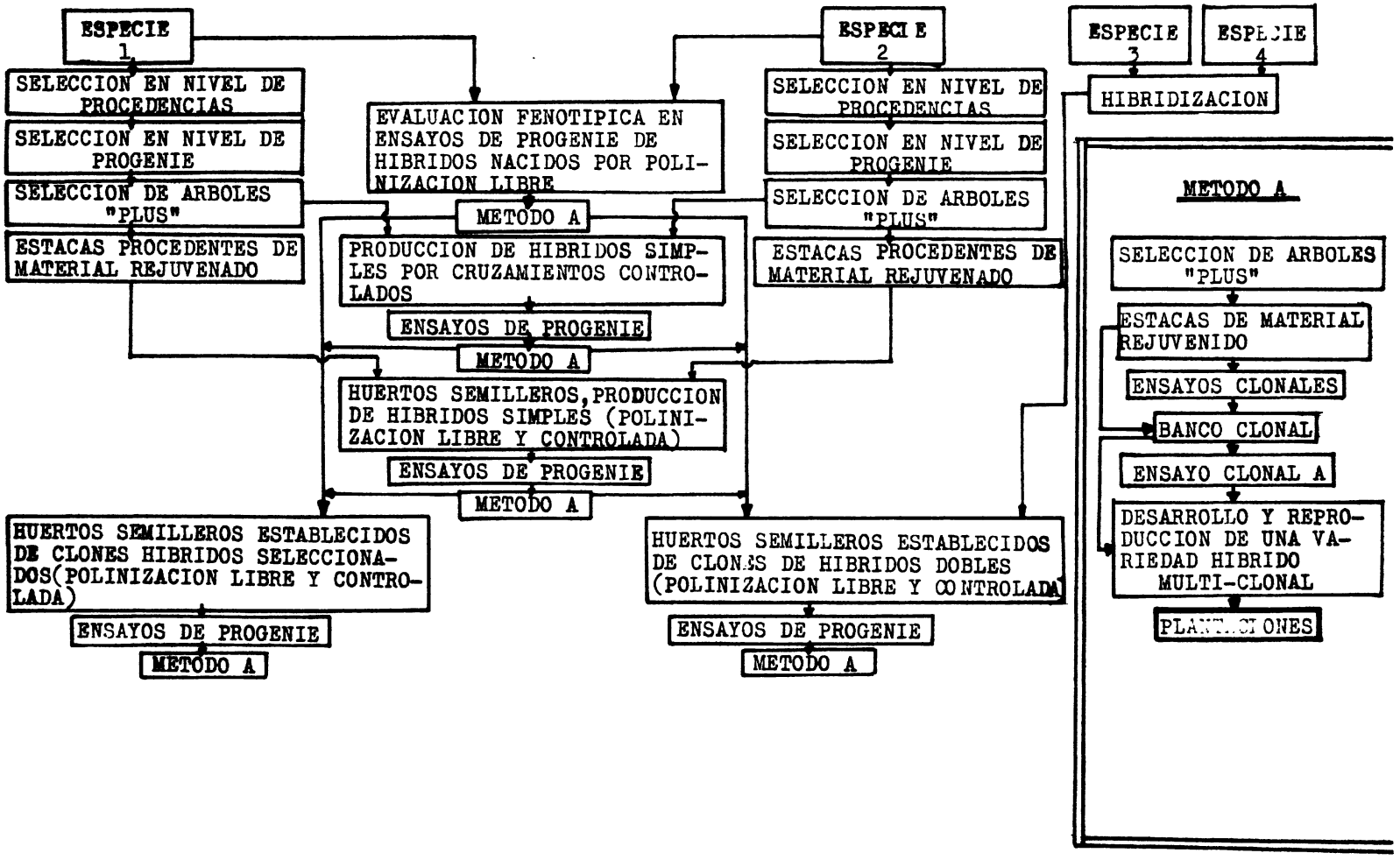
FASES EN UN PROGRAMA DE MEJORA POR HIBRIDIZACION Y REGENERACION VEGETATIVA EN EUCALYPTUS SPP. y



y Traducción de Apéndice 2 en: Chaperon, H. y Quillet, G. (1978). Resultats des travaux sur le bouturage des Eucalyptus spp. au Congo Brazzaville. En: Proc. Third World Consultation on Forest Tree Breeding. FO-FTB-77-4/9. Canberra, Australia.

ANEXO 5.

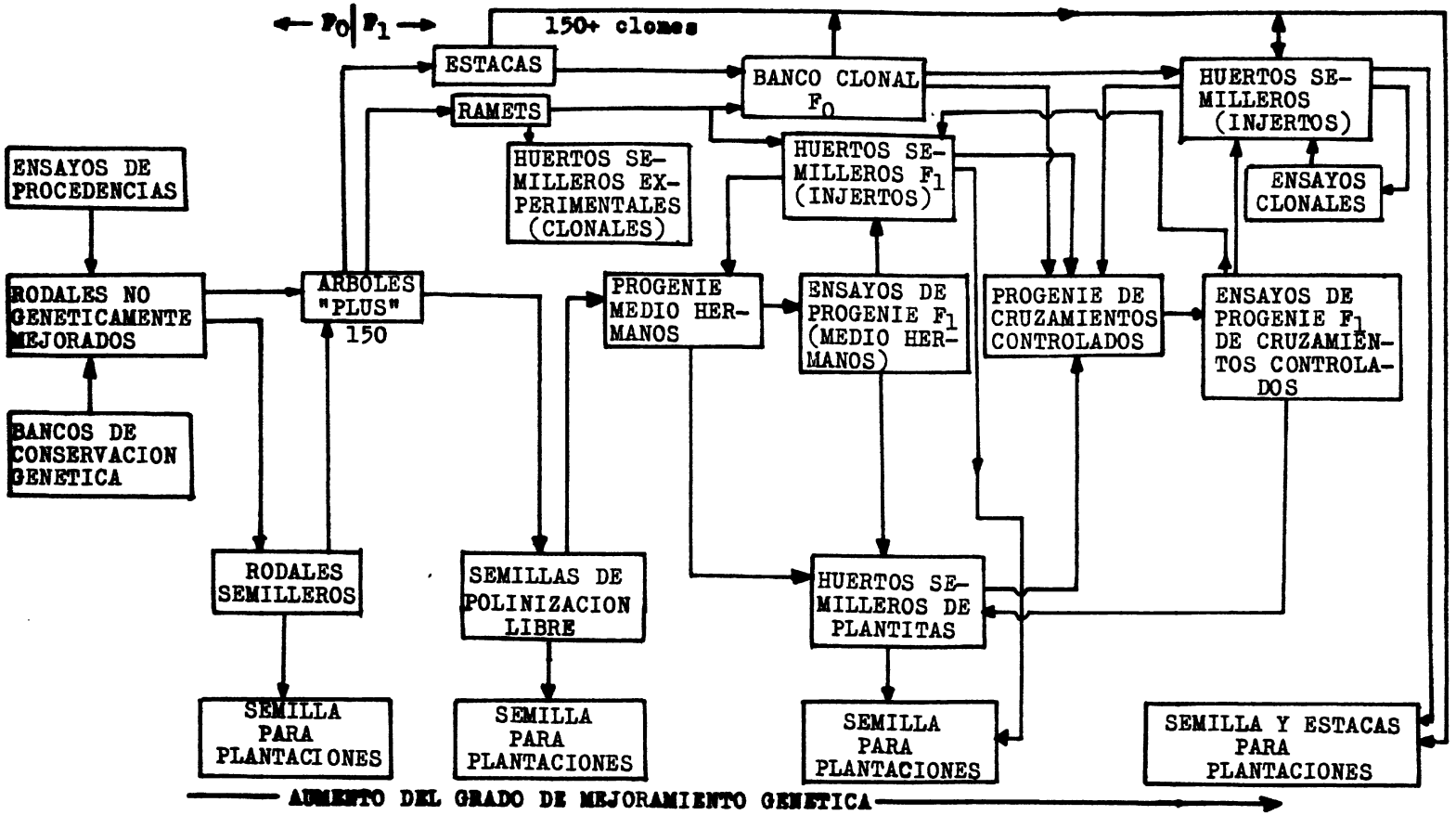
MEJORAMIENTO POR HIBRIDIZACION EN EUCALYPTUS SPP. EN CONGO BRAZZAVILLE - Presentación esquemática 1/



1/ Traducción de: Chaperon, H. (1978). Amelioration genetique des Eucalyptus hybrides au Congo Brazzaville. En: Proc. Third World Consultation on Forest Tree Breeding. FO-FTB-77-4/27. Canberra, Australia

ANEXO 6.

ESTRATEGIA PARA LA MEJORA GENETICA DE EUCALYPTUS DEGLUPTA EN PAPUA NUEVA GUINEA - Presentación esquemática γ



γ Traducción de Figura 1 en: Davidson, J. (1978). Breeding Eucalyptus deglupta - a case study. En: Proc. Third World Consultation on Forest Tree Breeding. FO-FTB-77-6/6. Canberra, Australia.

ALGUNOS ASPECTOS DE LA PROBLEMATICA DEL MEJORAMIENTO GENETICO CON LATIFOLIADAS NATIVAS EN VENEZUELA

Marcelino Quijada R.

Instituto de Silvicultura
Universidad de Los Andes
Mérida, Venezuela

EL CASO GENERAL

En Venezuela, como en muchos países latinoamericanos, las latifoliadas han jugado un papel poco importante en los planes, aún incipientes por lo general, de mejoramiento genético. Esto se debe en gran parte al hecho de que los bosques naturales, de gran riqueza florística, especialmente de latifoliadas, han suplido las necesidades locales, sustituyendose una especie con otra en el tiempo. También ha tenido importancia la relativa baja demanda, particularmente por calidad, que ha imperado en muchas regiones del trópico. Asimismo, ha influido la debilidad del sector forestal dentro del marco de las economías nacionales; en general, las empresas forestales son pequeñas y aprovechadoras del recurso bosque, pero no generadoras del mismo. Las empresas de mayor cuantía han girado alrededor de las coníferas, particularmente del género Pinus, en el renglón de la pulpa y papel, donde las latifoliadas han jugado un rol menor.

Ante esta situación, el historial de las latifoliadas nativas se puede resumir en dos características principales:

(a) Deterioro de la base genética de las especies que en una u otra época han tenido importancia comercial. Ejemplo típico lo constituyen las especies de la familia Meliaceae. Esto se ha debido fundamentalmente a una selección disgénica continuada en sus áreas naturales. Bien se ha llamado a este tipo de selección direccional negativa la selección del madereo, ya que se han explotado los mejores árboles del bosque dejando como fuente de regeneración a aquéllos árboles con peores características fenotípicas.

(b) Desconocimiento de las propiedades inherentes y culturales de las mismas. Esto en gran parte debido al sentimiento de inagotabilidad de los bosques naturales y a problemas en la utilización inicial de algunas especies. En esto último influyó el uso de un material base, malo genéticamente, y a la aplicación de técnicas culturales desarrolladas específicamente para especies de zona templada. Sin embargo, la situación ha comenzado a cambiar en muchos sitios, ligado entre otros factores a:

(a) Agotamiento de las fuentes naturales de abastecimiento de maderas, particularmente cercanas a los sitios de concentración poblacionales.

(b) Incremento de la demanda por crecimiento de esas poblaciones.

(c) Necesidad de una diversificación de las economías, tradicionalmente determinadas por uno ó muy pocos renglones, especialmente de tipo no renovables. En este sentido, la economía forestal es de principal consideración.

(d) Surgimiento de un sentimiento de recuperación de ecosist naturales y formación de zonas de esparcimiento.

Algunos países han planteado como solución la utilización de especies latifoliadas introducidas, como es el caso de Tectona, Gmelina y Eucalyptus, aprovechando características favorables de productividad de las mismas.

Aún asi, ha surgido la necesidad de incrementar el uso de especies nativas, bien como medio de recuperar y preservar los ecosistemas autóctonos o bien ante el temor de que las especies introducidas puedan en un determinado plazo presentar problemas mayores que superen las ventajas que ofrecen. La principal ventaja de las nativas en todo caso, es el aprovechar la adaptación biológica de las mismas que han logrado en determinados sitios a través de generaciones de selección natural.

LOS CASOS ESPECIFICOS

A fin de lograr el mayor aprovechamiento de las especies nativas en los programas de mejora genética, es fundamental un conocimiento mínimo que comprenda:

(a) Variación natural, en las zonas del país donde aún se consiguen las especies de interés. Esto con la finalidad de conocer las variantes morfológicas, anatómicas, fisiológicas y tecnológicas, que impliquen una adaptación hereditaria a variadas condiciones de sitio con fines de selección.

(b) Fenología de las especies, a fin de valorar la capacidad productiva en semillas para el abastecimiento de programas de plantación. Asimismo, se busca conocer los hábitos de floración con propósitos de polinizaciones dirigidas.

(c) Hábitos culturales, desde la fase de producción en el vivero hasta técnicas y métodos de plantación y cuidados posteriores, con la finalidad de reducir al máximo la influencia de este componente, maximizando el potencial genético para el uso de los sitios de plantación. De particular interés en esta fase, a los fines del mejoramiento, es el hábito de propagación vegetativa de las especies.

(d) Hábitos de desarrollo bajo cultivo, incluyendo crecimiento cuantitativo y cualitativo; así como las propiedades tecnológicas. Este conocimiento sirve de base a las estimaciones de ganancias en los posibles esquemas de selección que pudieran aplicarse.

Tomando en cuenta el logro de lo anterior, el mejoramiento genético estaría dirigido hacia aspectos de tipo general y de tipo particular. El primer caso, común a todas las especies, incluye la fase de crecimiento, lo cual es esencial para un mayor rendimiento por unidad de área, asi como para poner a competir las especies nativas frente a las introducidas, propiedad ésta que se enfatiza muy comúnmente en la justificación de la introducción de especies. En este sentido los programas estarían dirigidos a la formación de subpoblaciones de rápido crecimiento, mediante métodos de selección y prueba a través de propagalos vegetativos o progenies de semillas.

El segundo caso tomará en cuenta problemas particulares de especies o grupos de especies y que puedan redundar, a la par de un crecimiento adecuado, en un uso más efectivo del producto. En este sentido merecen destacarse las siguientes especies venezolanas, entre las maderables de mayor valor en Venezuela:

(a) Bombacopsis quinata. Se busca un control del desarrollo de aletones, que aumenten la cantidad de madera aprovechable del tronco, en actividades de aserrío. Dado que los aletones, al igual que los aguijones, parecen ser un

caracter inherentemente ligado a la evolución de la especie, no se pretende su total eliminación sino reducirlo a un desarrollo mínimo. Esto mediante un proceso de selección y cruces dentro de individuos específicos, en base a observaciones y resultados preliminares con árboles del bosque y progenies.

(b) Especies de Meliaceae. De particular interés son las especies de los géneros Cedrela y Swietenia en su resistencia a Hypsipyla. Dado que en la mayor parte del mundo donde han existido naturalmente estas especies, han sido sometidas a procesos de selección disgénica intensivos, la base genética parece ser bastante débil. Una posible estrategia de mejora estaría encaminada a una selección intraespecífica seguida por hibridación interespecífica, con posteriores posibilidades a retrocruzas. Merecen particular atención los cruces entre Cedrela odorata, C. angustifolia, C. fissilis y C. montana, para lo cual se debe intensificar el conocimiento de la biología floral de esas especies. Asimis se consideran los cruces entre Swietenia macrophylla, S. humilis y S. mahogany. En este último género ya se ha reportado la ocurrencia de hibridación espontánea entre las especies. No se descarta la posibilidad de híbridos intergenéricos, ejemplo, Cedrela x Toona, que si bien pueden presentar mayores dificultades, presentan características morfológicas muy afines al punto que la Toona ciliata, fue hasta no hace mucho tiempo considerada dentro del género Cedrela.

(c) Tabebuia rosea. Se buscará corregir hábitos de ramificación, particularmente ligados a la bifurcación, típicamente polidicotómica, del eje principal. Este fenómeno parece estar ligado a fuentes individuales inadecuadas de semillas y una buena heredabilidad de esa característica. Una selección individual estricta, particularmente por disponerse aún de rodales con muy buenos individuos, se considera viable para grandes logros a corto plazo.

(d) Phitecelobium saman. De interés en ésta especie es la relación fuste-copa. A campo abierto, en uso silvo-pastoral, la tendencia es al desarrollo de una muy amplia copa en deterioramento de la calidad del fuste. Esta tendencia también se ha observado en el bosque natural, donde, sin embargo, los fustes son mejores. Mediante un proceso de selección individual continuo con cruzamientos interprocedencias, se puede buscar una copa amplia con mejor calidad de fuste en campo abierto y con menor copa y mayor fuste en plantaciones densas.

APENDICE V.

NOTAS DEL VIAJE DE ESTUDIO

Apéndice V/1.

FLORACION, PRODUCCION DE SEMILLAS Y POLINIZACION ARTIFICIAL EN BOMBACOPSIS QUINATA EN VENEZUELA

Marcelino Quijada R.

Instituto de Silvicultura
Universidad de Los Andes
Mérida, Venezuela

INTRODUCCION

Bombacopsis quinata es una de las especies maderables más importantes en el bosque seco tropical venezolano, donde se ubica en diferentes tipos de suelos desde los bien drenados (bancos) a los de drenaje difícil (bajios).

El rango de lluvias en la zona de distribución va desde los 1 000 a los 2 000 mm anuales, con una época seca de 3 a 4 meses desde diciembre a marzo. La temperatura media anual está alrededor de los 27°C, con máximas de 32°C y mínimas de 22°C. La madera de B. quinata es ampliamente usada en construcción en general, revestimiento interior, usos exteriores, muebles, torneado, carpintería, etc. La densidad de la madera esta alrededor de 0,40, basada en peso seco al horno y volumen verde.

En plantaciones, la especie ha sido usada en mediana escala en enriquecimiento del bosque natural, particularmente en las Reservas Forestales. Diversos ensayos permiten señalar las posibilidades de plantaciones a campo abierto con una adecuada selección de sitios.

Desde 1961 se han venido realizando estudios concernientes a obtener un conocimiento adecuado de la especie, con fines de mejoramiento genético. En un principio se procedió al estudio de los hábitos de propagación vegetativa, a la cual la especie ha respondido muy bien al punto de considerarse de muy fácil propagación. A partir de 1968, con el establecimiento de jardines semilleros, se han venido realizando otros estudios concernientes a hábitos de floración y fructificación de la especie, incluyendo aspectos de polinización libre y polinización controlada.

HABITOS DE FLORACION Y FRUCTIFICACION

Las plantas de B. quinata son monoicas, con flores hermafroditas las cuales son generalmente erectas, con los estambres rodeando al pistilo cuyo estigma sobresale ligeramente a las anteras.

Las flores, de unos 10 a 15 cms de largo, generalmente abren de noche a partir de las 6 p.m., más comúnmente entre las 8 y las 10 p.m., cuando la temperatura baja de los 25°C y la humedad relativa supera al 60 por ciento. En la mañana siguiente a la apertura de las flores, éstas botan las cubiertas florales y los estambres, persistiendo el estilo, aún después de formado el fruto. La época de floración va desde fines del mes de octubre hasta el mes de marzo, ocasionalmente abril, con una relación directa con la duración de la sequía. La mayor floración ocurre en los meses de enero y febrero, que son usualmente los más secos.

De acuerdo a los resultados de observaciones en los jardines semilleros y en el bosque natural, se ha podido detectar una gran variabilidad en la floración, con árboles de floración prolongada (todo el período) de floración temprana (hasta enero) y de floración tardía (febrero en adelante). Todo lo cual es de gran importancia en la conformación de los huertos semilleros. Tomando en cuenta la edad inicial de floración la especie parece ser tempranera, por cuanto se ha observado en árboles de menos de 10 años, llegando al caso de ocurrir flores en plantas de semillas con 6 meses en el campo.

La fructificación tiene lugar a partir del mes de enero, con un lapso entre 50 y 60 días desde la apertura y polinización de la flor hasta la dehiscencia del fruto.

El fruto es deshiscente, con las semillas envueltas en una lana que facilita su dispersión por el viento.

El número de semillas por polinización libre es en promedio para los huertos de 47 por fruto con rangos desde ninguna (frutos vanos) hasta 140. En el bosque natural se han encontrado promedio de 30 semillas por fruto, con un alto porcentaje de ataques de insectos a frutos y semillas. La semilla viable es generalmente de superficie lisa y con cierta resistencia al aplastamiento con los dedos. Las semillas no viables son generalmente rugosas y fácilmente aplastadas con una ligera presión.

La coloración varía de un pardo claro a un pardo oscuro, notándose varios grados de segregación dentro de rametos de un mismo clon y lo cual parece estar ligado a la fuente de polen.

El tamaño esta grandemente influenciado por el árbol madre y se refleja en el número de semillas por kilo que va desde 20 000 a 44 000, con promedios de 32 000.

Los estudios indican que la especie es altamente autoincompatible, favoreciéndose la polinización cruzada. La baja frecuencia de autopolinización dentro de la misma flor, parece facilitarse por el hecho de que, siendo la flor hermafrodita, el estigma es receptivo al momento de la apertura de la flor, antes de la dispersión del polen de la misma. Esta dispersión ocurre usualmente de 10 a 15 minutos después de estar expuesto al viento. Es posible pensar en el funcionamiento de algún sistema de incompatibilidad reproductiva, que también facilita la polinización cruzada.

De los resultados obtenidos tras varios años de pruebas de germinación de semillas de más de 100 árboles de jardines semilleros y bosque natural, se puede considerar al B. quinata como una especie genéticamente limpia, por cuanto la ocurrencia de fenómenos deletéreos (ejemplo, albinismo, enanismo) ha estado ausente hasta el momento.

POLINIZACION DIRIGIDA

La estructura floral abierta y las dimensiones de la flor, han facilitado grandemente la polinización artificial de la especie.

Al momento de alcanzar su tamaño normal, la yema de la flor y la flor misma son aisladas con una bolsa de tela para evitarle daños de algunos insectos, que buscan el néctar del polen en flores desarrolladas. Para la polinización artificial se ha esperado la apertura natural de la flor. Al abrir la misma, se procede a eliminar los estambres con una pequeña tijera, cuidando de evitar contaminación del estigma del pistilo y aprovechando que el polen tiene poca facilidad de dispersión en ese momento.

Una vez completada la emasculación, el estigma se introduce en la fuente apropiada de polen, asegurándose de una saturación plena. Después, se procede a la identificación del cruce y la flor polinizada se vuelve a proteger con la bolsa de tela, por un tiempo que puede prolongarse hasta el momento de la dehiscencia del fruto, pero que en todo caso cubre el período hasta la clara definición del fruto.

La recolección del polen se hace al momento de la emasculación. Los estambres se colocan en una cápsula de Petri y se dejan secar por lo menos una hora, después de lo cual se sacuden contra el envase de vidrio para liberar el polen. En este mismo envase se almacena el polen, lo cual se ha podido hacer en un refrigerador común hasta por dos semanas, sin mayor pérdida de viabilidad, cuidando sólo de mantener tapada la cápsula y evitar acumulación excesiva de humedad dentro del recipiente. Los resultados de la polinización dirigida muestran un 50 por ciento de éxito, con valores de 60 por ciento para la polinización cruzada y 4 por ciento para la autopolinización. Se han observado variaciones en las respuestas de cruces entre los diferentes clones, obteniéndose mejores éxitos entre clones de diferentes procedencias.

Asimismo, se ha notado una marcada variación anual en el éxito de las polinizaciones cruzadas con años muy pobres (alrededor del 25%) y años muy buenos (sobre el 80%), lo cual parece estar relacionado con las condiciones ambientales que afectan el desarrollo floral.

La producción de semillas por polinización dirigida alcanza un promedio de 87 por fruto, lo que representa 1,9 veces la producción por polinización libre en los jardines semilleros. Aquí también se han observado amplias variaciones desde frutos vanos a 150 semillas por fruto.

No se han notado mayores diferencias en la viabilidad de semilla escogida por calidad en ambos métodos, con valores por encima del 90 por ciento para la germinación.

La semilla ha podido mantenerse en ambiente de laboratorio, en sobres de papel, por unos 6 meses con una alta viabilidad. En cava, con temperatura de unos 5°C, se ha podido mantener bien por más de un año sin deterioro visible, en envase de vidrio cerrado. Manteniéndola en un ambiente de ácido sulfúrico al 40 ó al 80 por ciento, en un desecador químico, se ha podido almacenar por unos dos años, teniendo sólo el cuidado de controlar la corrosión de los paquetes, papel o tela, por el ácido y lo cual se logra cambiandolos cada 6 meses.

Apéndice V/2.

PROGRAMA DE PLANTACION
LLANOS ORIENTALES, VENEZUELA

Características climáticas 1/

Coordinados: 62° W 8° N

Altitud: 50 m sobre el nivel del mar

Temperatura:
Max. promedia 32° C
Min. promedia 20° C
Media anual 26° C

Precipitación: 1150 - 1200 mm/año, repartido entre los meses de junio y septiembre la mayor, y entre noviembre y mediados de enero la menor

Vientos: Velocidad promedia 7.8 km/hora, ocasionalmente ráfagas de 60-80 km/hora.

Evaporación: Valores medios anuales: 2000-2100 mm.

Programa de plantación (Pinus caribaea var. hondurensis; Eucalyptus spp. 41%)

Empresa	Lugar	Area reservado (ha)	Area plantado (1978) (ha)	Plantación anual previsto (ha)
1. Estado				
- CONARE	Coloradito	60 000	7 000	5 000
	Chaguaramas	100 000	22 000	5 000
	Cadupo	805	-	-
	Centella	12 000	4 000	10 000
- CVG	Uverito	150 000	50 000	7 000
Sub-total		322 805	83 000	
2. Mixta				
- Forestor		60 000	2 600	10 000
- Sipas		30 000	3 000	1 500
- Guayamure		60 000	7 000	1 500
Sub-total		150 000	12 600	
3. Privada			4 000	
TOTAL, Llanos Orientales 2/		472 805	99 600	

1/ "Uverito - un bosque en la Sabana". División de Relaciones Públicas, Corporación Venezolana de Guayana, CVG. Publicación No. 1078-652; Tomo I, Folio 20; Octubre de 1978.

2/ Para información sobre todo el país, véase Apéndice VI, 'Venezuela'.

Apéndice V/3.

CVG, VENEZUELA: ACTIVIDADES Y RECURSOS HUMANOS NECESARIOS PARA EL PROGRAMA DE PLANTACION (P. caribaea var. hondurensis, Uverito)

	Operación	Recursos humanos	Producción total
Semilleros:	Preparar terrazas Desinfectar Sembrar Regar	1 caporal 8 obreros	360 000 plantas/día
Fábrica de envases:	Cortar el cartón Engrapar envases Cargar, pesar	1 supervisor 1 caporal 10 cortadores 60 operarias 6 cargadores	"
Trasplante:	Extraer plantulas Trasladar terrazas Abrir hoyos Sembrar en envases	4 caporales 1 ayudante 6 arrancadores 32 sembradores 6 hoyadores	
Trabajos culturales:	Riego por aspersión Fertilización Micorrizamiento Deshierbe Fumigación	1 caporal 14 obreros	"
Terrazas:	Transportar envases Agrupar envases Llenar envases con arena Compactar arena	3 caporales 6 formaleteros 36 agrupadores 27 llenadores 9 compactadores	"
Plantación:			
- Preparación de tierras:	Demarcar los rodales Preparar el suelo Combatir bachacos	4 supervisores 8 caporales 64 encajadores	7 000 - 10.000 ha/año. (Area de plantación prevista para 1980 7 000 ha; 5 000 ha en envase, 2 000 ha a raíz desnuda)
- Plantación:	Llenar cajas y camiones Transportar plantas Plantar	90 plantadores 24 tractoristas 20 bachaqueros	
- Mantenimiento:	Abrir y limpiar cortafuegos Prevenir y combatir incendios Eliminar malezas Combatir bachacos		

Además: Personal de comedores, enfermería; mecánicos, carpinteros, etc.

TOTAL, RECURSOS HUMANOS: 180 trabajadores

Apéndice V/4.

CORPORACION VENEZOLANA DE GUAYANA: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES (Pinus caribaea var. hondurensis, Uverito)

OPERACION GENERAL	OPERACION EXACTA	Oct.	Nov.	Dic.	En.	Feb.	Ma.	Abr.	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sep.
Producción de plantas	Siembra en semilleros												
	Fabricación de envases												
	Preparación de terrazas												
	Trasplante de plantillas												
Labores culturales en el vivero	Riego por asperación												
	Fertilización												
	Poda de raíces												
	Deshierbe												
	Combate de plagas												
Prepración de terrenos	Demarcación de rodales												
	Pase de rastra												
	Combate de bachacos												
Plantación	Llenar cajas y camiones												
	Plantación en sí												
Mantenimiento de las plantaciones	Corta fuegos												
	Limpia												
	Combate de bachacos												

APENDICE VI . INFORMES DE LOS PAISES

Declaración del país: ARGENTINA

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 2 790 000 km^2

1.2 Ubicación: longitud: 53° - 73°0; latitud: 21° - 55° Lat. Sur

1.3 Población: 26 000 000 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas: "Selva misionera" - "Selva Tucumano Boliviana" - "Selvas en Galería" - "Bosques subantarticos" - "Parque Chaqueño" - "Parque Puntano-Pampeano' "Parque mesopotamico" - "Estepa pampeana" - "Estepa Patagonica" - "Monte occidental" y "Estepa puneña" (Ver Anexo I) .

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 60 300 000 ha (Bosques productivos: 39 000 000 ha)

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 20,54%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

a) Aprovechamiento racional segun planes dasocráticos.
b) Utilizacion acorde con el producto de mayor valor final.
c) Propender a la reforestacion y mejoramiento del bosque Nat.
d) Propender a la forestacion, estimulada por Creditos de fom.
e) Conservacion de los bosques protectores.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI Ley No. 13.273 de 1948

2.5 Tenencia de los bosques (sobre las 39 000 000 ha de bosques productivos)

Bajo control estatal:	18 150 000 ha	46,-
De propiedad privada:	20 850 000 ha	53,84%
De comunidades		-
Sin control efectivo:		-

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

En 1977: Madera aserrable:	21 000 000 m^2	Aglomerado:	54 000 Tn.
Trozos p/chapas:	58 000 m^3	Carbon veg.:	278 000 Tn.
Trozos p/tabl.fibras:	225 000 m^3	Leña:	1 095 000 Tn.
Trozos p/durmientes:	61 000 Tn.	Pulpa p/papel:	703 000 Tn.
Postes:	199 000 Tn.	Tanino (estracto):	87 000 Tn.

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	96 1/	?
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	No 1/	?

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 47 680 000 2/ dólares EE.UU.

1/ Solamente del Estado Nacional

2/ Solamente del Estado Nacional, incluídos los Subsidios para estímulo (se tomó 1 dolar EE.UU. 1.630 Pesos)

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1] de las plantaciones a fines de 1978: 530 000 ha[2]

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 90 000 ha/año (1979)[2]

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado: 100%

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.).

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha)[1]	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Madera de sierra y pasta	Araucaria angustifolia	30 000[3]	40	17 (Plantac. artif.)
Tanino y durmientes	Schinopsis sp.	12 000 000	120	6 p/la masa, 0,5 p/la esp.
Madera de sierra	Nothofagus sp.	1 000 000	90	3 - 4 (Bosque homogéneo)
Madera de sierra	Cedrela sp. Cordia sp Balfourodendron sp.)	2 500 000	60	0,5 0,1 5(para la masa) 0,3 (Bosque heterog.)

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha)[1]	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Pasta de papel, y resina	Pinus elliottii Pinus taeda	150 000	10 - 25 10 - 25	30 30
Madera y pasta	Pseudotsuga menziesii		32	20
" "	Pinus radiata		30	25
" "	Pinus ponderosa		35	18
Envases, pasta	Populus sp.	170 000	10	22
" "	Eucalyptus sp.	100 000	20	30

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

2/ Datos aproximados

3/ Corresponde al area de distribucions de la especie en la Argentina.

(ARGENTINA)

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)?

SI (solo el caso de Araucaria angustifolia en Misiones)

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? NO[1]

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? NO
en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? SI[2]

5.1.1 En caso afirmativo, enumere las especies interesadas:

Pinus elliottii	Populus sp.
Pseudotsuga menziesii	Salix sp.
Pinus ponderosa	Eucalyptus saligna/grandis
Araucaria angustifolia	Melia azedarach

5.1.2 Caracteres más importantes que son objeto de la mejora genética:

1) Productividad
2) Adaptabilidad epológica
3) Resistencia a enfermedades
4) Calidad seminal
5) Calidad de madera

5.2 Breve esbozo de los métodos de mejora genética ya aplicados:

5.2.1 Ensayos de especies/procedencias (indique entre paréntesis el número de procedencias que se están ensayando):

a) Pinus elliottii y taeda (38 y 29 proced.) [3]
b) Eucalyptus camaldulensis, E. viminalis (33 y 22 proc.) [3]
c) Pinus en el N.O. Argentino (19 especies) [3]
d) Pinus en el Litoral Argent. (17 especies) [3]

5.2.2 Superficie de los rodales semilleros de cada una de las especies principales: [4]

Pinus ponderosa	8 ha
Pseudotsuga menziesii	15 ha
Araucaria angustifolia	414,5 ha

5.2.3 Arboles "plus" de las especies principales (indíquese entre paréntesis el número de árboles): [4]

Pinus ponderosa	24
Pseudotsuga menziesii	17

En formacion; estado: anteproyecto de ley
Para 1980 a nivel Nacional
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Solamente bajo jurisdicion del Instituto Forestal Nacional

(ARGENTINA)

5.2.4 Huertos semilleros (especies, superficie y número de clones o árboles madre): 1/ NO

5.2.5 Ensayos de progenie o descendencia (especies y superficie): 1/

Pinus ponderosa (1979)
Pseudotsuga mensiesii (1979)

5.2.6 Otros métodos de mejora genética (especifique): 1/ NO

6. METODOS QUE HAN DADO MEJORES RESULTADOS EN LA PROPAGACION VEGETATIVA DE LAS ESPECIES PRINCIPALES

Especie	Método	% de logros
Pinus elliottii	Estacas (c/tratam. horm.	Inició 12-12-79
Eucalyptus saligna	y tratam.arb. madre)	"
Pseudotsuga menzie sii	"	Se inicia 1-2-80
Pinus ponderosa	"	"

7. REFERENCIAS A LA MEJORA GENETICA

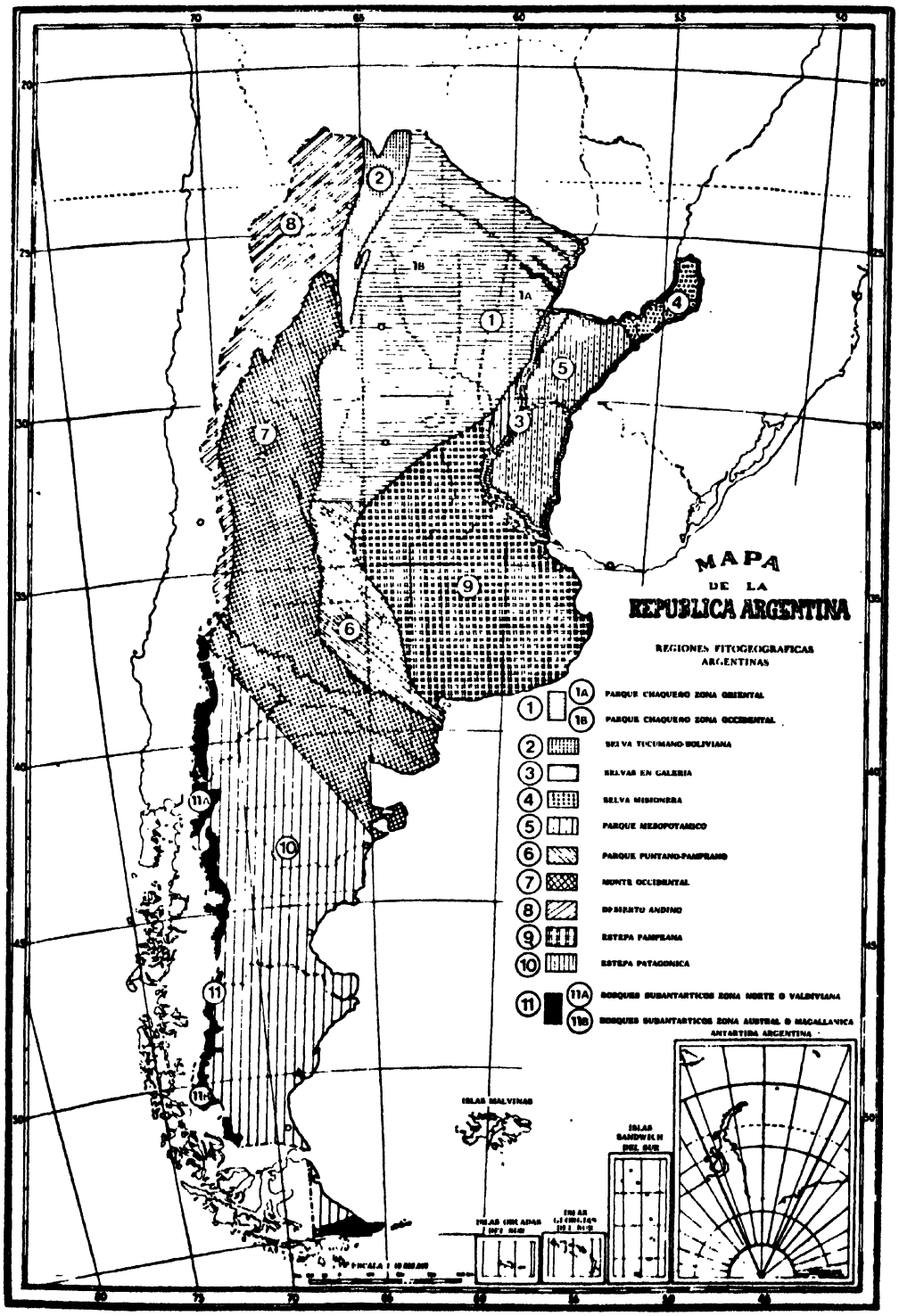
Sírvase numerar las referencias a la mejora genética forestal de su país, en publicaciones, informes, etc.

IDIA (Suplemento Forestal No. 6) - INTA - Bs.As. 1970
" " " No. 8) " " 1973
" " " No. 5) " " 1966
" (Revista No. 12) - Buenos Aires

1/ Solamente bajo jurisdicion del Instituto Forestal Nacional

DECLARACION DEL PAIS : ARGENTINA
ANEXO I.

REGIONES FITOGEOGRAFICAS ARGENTINAS



Declaración del país: BOLIVIA

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 1 058 000 km^2

1.2 Ubicación: Longitud: 57°26' - 60°38'W; latitud: 9°38' - 22°53'S

1.3 Población: 4 647 816 habitantes (septiembre de 1976)

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas: Las características orogénicas del país han determinado cuatro zonas diferenciables que son: Yungas, Valles, Altiplano y Llanos.

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 56 468 000 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 51%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

a) Formular la política forestal del país y sus planes de aplicación.
b) Administrar, en forma permanente, el patrimonio forestal de la nación.
c) Promover y/o efectuar el inventario de bosques de Bolivia.
d) Autorizar, orientar y fiscalizar los aprovechamientos forestales, de acuerdo a las disposiciones de la presente ley.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal:	99.9%
De comunidades	0.1%

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Trozas para chapas, trozas aserrables, durmientes, postes, encofrados para minas, madera de construcción, carbón, leña, goma y castaña.

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	28	5
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	21	5

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 1 000 000 dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1978: 10 000 ha.

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 1 500 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado:	90%
CAMARAFOR:	3%
Otros particulares :	7%

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.).

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Madera aserrable	Swietenia macrophylla	200	80	
Obtención sulfato	"Quina"	42	10	
Latec (goma)	Hevea brasiliensis	230	10-20	
Leña	otras	228		

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Postes)	Eucalyptus spp.)	)	)	
Carbón)	")	9 000)	10	20
Estacas)	")	)	)	
Postes	"	300	20	

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? SI

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? NO

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? NO

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? NO

en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? NO

5.2.5 Ensayos de progenie o descendencia (especies y superficie):

Eucalyptus rostrata
E. viminalis
E. saligna
E. globulus
E. citriodora
E. tereticornis

Pinus radiata
P. elliottii
P. taeda
Cupressus lusitanica

Declaración del país: BRASIL

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 **Superficie territorial:** 8 511 970 km^2

1.2 **Ubicación:** longitud: 34°S 74°W; latitud: 5°N e 33°S

1.3 **Población:** 119 670 000 habitantes

1.4 **Principales zonas climáticas y vegetativas:** Ver Anexo I

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 **Superficie boscosa:** 352 000 000 ha

2.2 **Parte de la superficie territorial cubierta de bosque:** 41,0%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

a) Producción de forestas para atender los Programas Nacionales de Papel y Celulosa y Siderurgía a Carbón Vegetal.
b) Programa de Reforestación en pequeñas y medias propiedades rurales.
c) Ocupación y utilización racional de los recursos forestales de la región Amazonica Brasileña.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 **Tenencia de los bosques**

Bajo control estatal	75%
De propiedad privada	15%
De comunidades	-
Sin control efectivo	10%

2.6 **Principales productos forestales** (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

madera aserrable	16 325 000 m^3	Carbón vegetal	17 618 000t
madera aserrada	7 400 000 m^3	Papel	2 045 969t
Celulosa	1 253 784 t	Chapas	695 000 m^3
Placa prensada	574 000 m^3	Paneles de partículas	461 000 m^3
Compensado	695 000 m^3	Leña	140 000 000 m^3

2.7 **Personal forestal**

	Fiscal	Otros
Profesionales	1 200	-

2.8 **Presupuesto bruto anual de la actividad forestal:** 30 266 343,83 dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 **Superficies**

3.1.1 **Superficie total neta**[1/] **de las plantaciones a fines de 1978:** 3 319 034 ha.

3.1.2 **Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país:** 335 442 ha/año.

3.2 **Organización y administración de los planes de plantación**

3.2.1 **Servicios forestales del Estado:** 5%
Otros : 95% (siendo la mayor parte originado por incentivos fiscales)

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

(BRASIL)

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.).

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
	Araucaria angustifolia	73 074,91	40	13
	Especies nativas	39 744,75	40	

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
	Pinus spp.	1 105 533,82	7	19
	Eucalyptus spp.	1 739 781,35	7	20

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? SI

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? SI

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? SI

en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? SI

5.1.1 En caso afirmativo, enumere las especies interesadas:

Eucalyptus grandis	Pinus caribaea var. hondurensis
E. urophylla	P. caribaea var. caribaea
E. saligna	P. elliottii var. elliottii
Araucaria angustifolia	P. oocarpa

5.1.2 Caracteres más importantes que son objeto de la mejora genética:

Volumen (DAP y altura)	Calidad de la madera
Forma	Resistencia a las enfermedades

5.2 Breve esbozo de los métodos de mejora genética ya aplicados:

5.2.1 Ensayos de especies/procedencias (indique entre paréntesis el número de procedencias que se están ensayando):

Eucalyptus spp.	43 especies, 1-37 procedencias de cada especie
Pinus caribaea var. hondurensis	(7) 1/
P. caribaea var. caribaea	(2) 1/
P. caribaea var. bahamensis	(2) 1/
P. oocarpa	(19) 1/

1/ Procedencias introducidas por PRODEPEF entre 1971 y 1977.

5.2.2 Superficie de los rodales semilleros de cada una de las especies principales:

Eucalyptus grandis	114,99 ha
E. urophylla	36,46 ha
E. saligna	2,30 ha
E. citriodora	8,15 ha
E. paniculata	10,45 ha
E. viminalis	215,28 ha
Pinus oocarpa	1 069,58 ha
P. caribaea var. hondurensis	1 202,96 ha
P. elliottii var. elliottii	30.90 ha
P. taeda	106,50 ha
P. caribaea var. caribaea	346,16 ha
P. caribaea var. bahamensis	185,48 ha
P. kesiya	117,87 ha
P. strobus var. chiapensis	6,98 ha

5.2.3 Arboles "plus" de las especies principales (indíquese entre paréntesis el número de árboles):

Eucalyptus grandis (200)
E. saligna (50)
Pinus oocarpa (100)
P. caribaea var. hondurensis (300)
P. caribaea var. bahamensis (300)
P. caribaea var. caribaea (300)
P. taeda (50)

5.2.4 Huertos semilleros (especies, superficie y número de clones o árboles madre):

Eucalyptus grandis - 100 clones
E. saligna - 50 clones
Pinus caribaea - 300 clones

5.2.5 Ensayos de progenie o descendencia (especies y superficie):

Eucalyptus grandis (15 ensaios)
E. saligna (5 ensaios)
P. caribaea var. hondurensis (22 ensaios)
P. kesiya (10 ensaios)

5.2.6 Otros métodos de mejora genética (especifique):

Area de coleta de semillas

Pomar de semillas por muda

Obtención y utilización de los híbridos

METODOS QUE HAN DADO MEJORES RESULTADOS EN LA PROPAGACION VEGETATIVA DE LAS ESPECIES PRINCIPALES

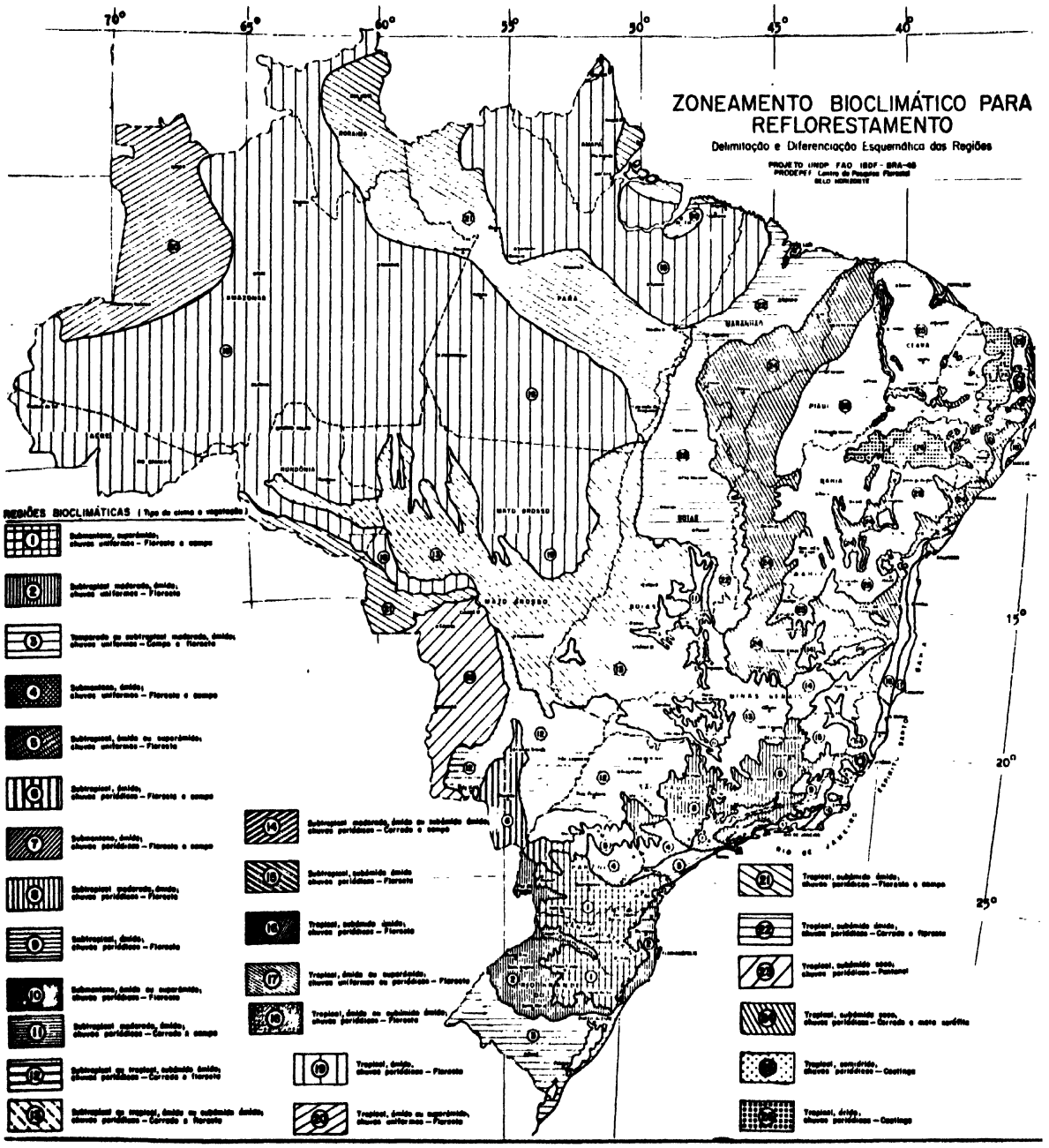
Especie	Método	% de logros
Eucalyptus camaldulensis	Estaquia	60
E. tereticornis	Estaquia	50
E. grandis	Enxertia	60
E. dunnii	Enxertia	70
E. dunnii	Estaquia	50
P. kesiya	Enxertia	80
P. caribaea	Enxertia	70

REFERENCIAS A LA MEJORA GENETICA

Sírvase numerar las referencias a la mejora genética forestal de su país, en publicaciones, informes, etc.

Revista do IPEF
Boletim Técnico da SIF
Circular Técnica do IPEF
Silvicultura em São Paulo
Proceedings da IUFRO
Revista Arvore
PRODEPEF - Série Técnica

DECLARACION DEL PAIS : BRAZIL
ANEXO I.



Declaración del país: CHILE

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 2 007 000 km^2 – 757 000 km^2 continental e insular y 1 250 000 km^2 Antártida

1.2 Ubicación: longitud: 67°30' - 75°30' W; latitud: 17°30' - 56° S (continental). Pero llega a la Antártida

1.3 Población: 11 000 000 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

Climáticas
a) Aridos subtropicales
b) Templado-cálidos con humedad suficiente
c) Templados lluviosos
d) Tunda
e) Estepa fría
f) Climas del hielo

Vegetativas:
a) Zona xeromórfica
b) Zona mesomórfica
c) Zona higromórfica
d) Zona andina

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 20 000 000 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 26% - considerando Chile continental e insular.

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

Lograr un acelerado crecimiento y desarrollo del sector forestal a través de medidas de conservación, protección, manejo y utilización de los recursos forestales en consideración a los intereses de la nación y teniendo presente las limitaciones económicas y ecológicas del país.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal: 60%
De propiedad privada: 40%

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Pulpa química, pulpa mecánica, papel periódico, otros papeles, cartones, tableros de fibra, de partículas, contrachapados, chapas, madera en trozos, madera aserrada, postes, estacas, durmientes, miel, cortesa, hojas, hongos.

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	60	300
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	100	360

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 20 000 000 dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1978: 712 000 ha

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 70 000 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado : - -
Otros (especifique): Pequeños particulares: 45%
Grandes empresas : 55%

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.)

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha)[1/]	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Madera aserrada	Nothofagus spp.	500 anual 2 000 total	80	14
Forraje	Atriplex repanda	400 anual 2 000 total	-	-
Corteza	Quillaja saponaria	100 anual 800 total	40	7

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha)[1/]	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Papel, madera aserrada, pulpa	Pinus radiata	62 000 anual 640 000 total	20-25	22
Leña, postes, parquets	Eucalyptus globulus	3 500 anual 40 000 total	15-20	25-30
Fósforos, cajones aserrada	Populus spp.	2 200 anual 22 200 total	15-20	25-30
Madera aserrada	Pseudotsuga menziesii	700 anual 2 000 total	80	13
Forraje	Atriplex nummularia	600 anual 3 000 total	-	-

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)?
En muy pocas especies

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? SI

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas?

en 3.3.1? SI

en 3.3.2? SI

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal?

5.1.1 En caso afirmativo, enumere las especies interesadas:

- Pinus radiata, a través de la creación de huertos semilleros.
- Varias especies involucradas en los ensayos de procedencias (ver punto 5.2.1).
- Nothofagus alpina, especie autóctona, a través de un estudio de variabilidad.

5.1.2 Caracteres más importantes que son objeto de la mejora genética:

Tasa de crecimiento	Volumen
Forma general	Densidad de la madera
Adaptabilidad general	Resistencia a Dothistroma pini

5.2 Breve esbozo de los métodos de mejora genética ya aplicados:

5.2.1 Ensayos de especies/procedencias (indique entre paréntesis el número de procedencias que se están ensayando):

Eucalyptus delegatensis (12)	Pinus radiata (14)
E. regnans (6)	P. ponderosa (6)
E. obliqua (4)	P. contorta (3)
E. bicostata (4)	P. muricata (2)
E. camaldulensis (3)	Pseudotsuga mensiesii (26)

5.2.2 Superficie de los rodales semilleros de cada una de las especies principales:

Pinus radiata: 120 ha.

5.2.3 Arboles "plus" de las especies principales (indíquese entre paréntesis el número de árboles):

Pinus radiata: 350 árboles "plus", con una intensidad de selección de 1 en 120 000

5.2.4 Huertos semilleros (especies, superficie y número de clones o árboles madre):

Sólo en Pinus radiata. Hay 2 tipos: (1) clonales: son 8, con 42 clones cada uno y superficies que oscilan entre 11 y 30 hectáreas, siendo 20 el promedio; (2) de plántulas: Hay 3, con 200 familias como base y 20 hectáreas cada uno.

5.2.5 Ensayos de progenie o descendencia (especies y superficie):

En mayo de 1980 se plantarán 55 hectáreas con ensayos de progenie en Pinus radiata, sobre 14 sitios diferentes.

5.2.6 Otros métodos de mejora genética (especifique):

Se han seleccionado 38 000 árboles semilleros de Pinus radiata, que han producido 7 000 kg de semilla con un mejoramiento esperado del orden de 5 a 8%.

6. METODOS QUE HAN DADO MEJORES RESULTADOS EN LA PROPAGACION VEGETATIVA DE LAS ESPECIES PRINCIPALES

Especie	Método	% de logros
Pinus radiata	Injerto lateral	80

7. REFERENCIAS A LA MEJORA GENETICA

Sírvanse numerar las referencias a la mejora genética forestal de su país, en publicaciones, informes, etc.

Burdon, R. Mejoramiento genético forestal en Chile. Documento de trabajo No. 11. FO:DP/CHI/76/0(Investigación y desarrollo forestal. Santiago de Chile, 1978.

Delmastro, R. Proposición de un programa cooperativo de mejoramiento genético entre la Universida(Austral, instituciones y empresas forestales. Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 1976.

Delmastro, R. Informe de genética forestal. Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI/76/003. Código III - 1.' Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1977.

Moreno, D.G. Consideraciones preliminares para un programa de mejoramiento genético. (En prensa, para ser publicado en mayo de 1980 en el Suplemento de "Chile Forestal").

Moreno, D.G. y Stutz, C. Informe de la gira a Nueva Zelandia sobre mejoramiento genético. Documento interno presentado a la Dirección Ejecutiva de CONAF a la Dirección del Proyecto CONAF/PNUD/FAO/CHI/76/003. Chillán, Chile, 1979.

Delmastro, R. Primer informe anual. Convenio de mejoramiento genético UACH - empresas forestales Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1977.

Delmastro, R. Segundo informe anual. Convenio de mejoramiento genético UACH - empresas forestale Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1978.

Delmastro, R. Manual para los ensayos de progenie de polinización abierta. Convenio de mejoramiento genético UACH - empresas forestales. Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 1979.

Smith, V.N. Selección de árboles plus en Constitución, provincia de Maule. Actas V jornadas forestales. Asociación Chilena de Ingenieros Forestales. Los Angeles, Chile, 1969.

Aparico, J. y Siri, A. Estudio de variación en plántulas de Pinus radiata D. Don. en Chile. Tesis Facultad de Agronomía, Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile, Santiago, 1970.

Garrido, F, Ibarra, M, Steinmetz, J. y Seron, J. Variación de poblaciones naturales de Raulí (Nothofagus alpina (Poepp. et Endl.) Oerst). Revisión bibliográfica. CONAF-FAO. FO DP/CHI/76/003. Documento de trabajo N° 28, Santiago de Chile, 1979.

****

Declaración del país: COLOMBIA

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial 1 138 914 km2

1.2 Ubicación: longitud 74° 04' 41'' latitud 4° 35' 56''

1.3 Población 28 000 000 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

En el país existen diversidad de zonas de vida: entre ellas se destacan bh-T y bmh-T en la Costa pacífica y Amazonía; bs-T en la costa atlántica y al oriente del país; y bosques premontanos y montanos en la zona andina.

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa 36 426 000 ha (1977)

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 38%

2.3 ¿Tiene su país una política nacional escrita?: SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

Manejar racionalmente las áreas forestales, definidas en categorías de productoras, productoras-protectoras y protectoras. Impulsar la conservación y manejo de las cuencas hidrográficas en la zona andina. Desarrollar por medio de servicios de apoyo aspectos tales como: repoblación, protección, asistencia técnica, investigación y comercialización de productos, entre otros.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? : SI

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Pulpa, papel, cartón - madera aserrada - chapas, triplex, tableros de partículas, tableros de fibra - madera redonda - postes, palancas, cercos, otros, traviesas, carbón, caucho, balata, bálsamo de Tolu, aceites esenciales, chicle, etc.

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	270	650
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	30	90

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficie

3.1.1 Superficie total neta [1/] de las plantaciones a fines de 1978: 80 000 ha.

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 40 000 ha/año.

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado : 20%
Otros (especifique) Corporaciones forestales : 30%
Compañías particulares : 50%

(COLOMBIA)

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.)

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	estimación
Ebanistería	Tabebuia rosea	250	30	
Ebanistería	Alnus jorullensis	500	30	
Ebanistería Interiores	Cordia alliodora	650	25-30	
Ebanistería	Cariniana pyriformis	700	30	

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha)	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Pulpa	Pinus patula	25 000	15-25	20m^3/ha/año
Madera redonda	Eucalyptus globulus	18 000	8-15	22m^3/ha/año
Pulpa	Cupressus lusitanica	21 000	15-25	18m^3/ha/año
Pulpa	Pinus radiata	3 000	15	15m^3/ha/año
Construcción	Tectona grandis	1 000	40	15m^3/ha/año
Madera redonda	Eucalyptus spp.	4 000	12-15	18m^3/ha/año
	Otras especies	6 000	varios	

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)?: SI

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas?: SI

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura?: SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? NO

en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? SI

5.1.1 En caso afirmativo, enumere las especies interesadas:

Pinus patula
Cupressus lusitanica
Pinus oocarpa
Pinus caribaea
Cordia alliodora
Pinus kesiya
Eucalyptus globulus
Eucalyptus grandis
Gmelina arborea
Cariniana pyriformis

(COLOMBIA)

5.1.2 Caracteres más importantes que son objeto de la mejora genética:

Crecimiento altura	Forma del fuste
Peso específico	Angulo y grosor de las ramas
Longitud de fibra	Tamaño de la copa
	Habilidad de poda

5.2 Breve esbozo de los métodos de mejora genética ya aplicados:

5.2.1 Ensayos de especies/procedencias (indique entre paréntesis el número de procedencias que se están ensayando):

Cupressus lusitanica(20)	Eucalyptus globulus (32)
Pinus caribaea (14)	Gmelina arborea (11)
Pinus oocarpa (19)	Cariniana pyriformis (4)
Pinus kesiya (25)	Tectona grandis (5)
Pinus patula (?)	Cordia alliodora (13)
	Ochroma lagopus (5)

5.2.2 Superficie de los rodales semilleros de cada una de las especies principales: (áreas productoras de semilla)

Cordia alliodora
Ochroma lagopus
Jacaranda copaia

5.2.3 Arboles "plus" de las especies principales (indíquese entre paréntesis el número de árboles):

Cupressus lusitanica (43) árboles preseleccionados
Pinus patula (20)

5.2.4 Huertos semilleros (especies, superficie y número de clones o árboles madre):

Cupressus lusitanica (5 has, 43 clones)

5.2.5 Ensayos de progenie o descendencia (especies y superficie):

Cupressus lusitanica
Pinus patula
Cariniana pyriformis

5.2.6 Otros métodos de mejora genética (especifique):

6. METODOS QUE HAN DADO MEJORES RESULTADOS EN LA PROPAGACION VEGETATIVA DE LAS ESPECIES PRINCIPALES

Especie	Método
Bombacopsis quinata	Estaca gruesa
Tabebuia rosea	Estaca gruesa
Cupressus lusitanica	Injerto de escotadura lateral
Pinus patula	Injerto

7. REFERENCIAS A LA MEJORA GENETICA

- Logros genéticos con Cupressus lusitanica a través de 6 años de mejoramiento genético en Colombia. Cartón de Colombia: Investigación Forestal.
- Documentos de Trabajo del Proyecto sobre Investigaciones y Desarrollo Industrial Forestales, INDERENA/PNUD/FAO/CONIF COL/74/005:
  KÖnig,A. & Melchior, G.H. Propagación vegetativa en árboles forestales;
  KÖnig,A., Melchior,G.H. & Venegas T.,L. Ensayos de procedencias con Pinus caribaea;
  KÖnig,A. Ensayos de procedencia con Pinus oocarpa y Pinus kesiya en Colombia;
  Melchior,G.H. Bases y posibilidades del mejoramiento de árboles forestales en Colombia.

Declaración del país: COSTA RICA

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 50 851 km^2

1.2 Ubicación: $82^{o}34'$ - $85^{o}59'$; latitud: $8^{o}02'$ - $11^{o}13'$

1.3 Población: 2 125 620 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

Zonas climáticas: Valle Intermontano, Vertiente Pacífica, Vertiente Atlántica y norte.
Zonas vegetativas: bosque tropical (seco-húmedo), bosque sub-tropical (húmedo - M. húmedo), bosque montano bajo (húmedo-M. húmedo-pluvial), bosque montano, bosque sub-alpino.

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 2 088 200 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 40,9%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

A. Transformar los bosques de vocación productora en un sistema eficiente de suministro de materia prima para la industria.

B. Desarrollar acciones de conservación de los bosques protectores.

C. Incentivar la reforestación en gran escala como alternativa para un mejor uso de la tierra. Fortalecer la estructura estatal para la planificación y control forestal.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenecia de los bosques

Bajo control estatal	11,5%
De propiedad privada	35,0%
De comunidades	0,3%
Sin control efectivo	-

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trosos para chapas, trosos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

El país concentra un 65% de producto forestal en madera de aserrío para necesidades internas y algunas partes para muebles para exportación. El resto se elabora como contrachapado y tableros de partículas para exportación. Un porcentaje bajo es destinado a la elaboración de durmientes, souvenirs.

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	20	32
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	127	29

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 2 264 655,40 dólares EE.UU.

(COSTA RICA)

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1978: 810 ha.

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 6 200 ha/año

3.2 Organisación y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado: 8%

Otros (especifique) : Empresa privada - 92%

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.).

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha)[1/]	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Aserrío	Cordia alliodora	20	25	18-20
Aserrío	Bombacopsis quinata	50	25	15
Aserrío	Alnus acuminata	50	18	35

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha)[1/]	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Aserrío	Pinus caribaea	200	8	30
Postes	Eucalyptus deglupta	50	5-6	30
Aserrío	Cupressus lusitanica	100	25	20-22
Celulosa	Gmelina arborea	20	25	25
Aserrío	Tectona grandis	300	40	10

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? SI

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? SI

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? NO

en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? NO

7. REFERENCIAS A LA MEJORA GENETICA

Sírvase numerar las referencias a la mejora genética forestal de su país, en publicaciones, informes, etc.

No existen estudios bibligoráficos sobre este tema específico. Unicamente el Servicio Forestal de Costa Rica ha elaborado tan solo algunos boletinos divulgativos cortos sobre identificación de árboles semilleros.

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

Declaración del país: CUBA

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 110 922 km^2

1.2 Ubicación: longitud: 74 y 85°; latitud: 19 y 24°

1.3 Población: 9 405 000 habitantes

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 1 691 131 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 15%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

- Reforestación de todas las áreas potencialmente forestales hasta cubrir un estimado del 27% de la superficie del territorio nacional.
- Obtención de bosques ordenados con fines productivos, protectores del medio, la fauna y recreativos.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenecia de los bosques

Bajo control estatal: 100%

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? SI

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? SI

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? SI

en 3.3.2? SI

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? SI

5.1.1 En caso afirmativo, enumere las especies interesadas:

Pinus caribaea var. caribaea
P. tropicalis
P. cubensis
P. maestrensis
Hibiscus elatus
Cedrela odorata

5.1.2 Caracteres más importantes que son objeto de la mejora genética:

Vigor
Rectitud del fuste
Ramificación

(CUBA)

5.2 Breve esbozo de los métodos de mejora genética ya aplicados:

5.2.1 Ensayos de especies/procedencias (indique entre paréntesis el número de procedencias que se están ensayando):

Pinus caribaea var. caribaea (13)
P. tropicalis (6)
P. cubensis (10)
P. maestrensis (14)
Swietenia macrophylla (8)
Hibiscus elatus (23)
Cedrela odorata (13)
Tectona grandis (16)
Eucalyptus saligna (16)
P. caribaea var. hondurensis (9)

5.2.2 Superficie de los rodales semilleros de cada una de las especies principales:

Pinus caribaea var. caribaea (1 280 ha)
P. tropicalis (175 ha)
P. cubensis (572 ha)
P. maestrensis (147 ha)
Hibiscus elatus (130 ha)
Cedrela odorata (19 ha)

5.2.3 Arboles "plus" de las especies principales (indíquese entre paréntesis el número de árboles):

Pinus caribaea var. caribaea (270)
P. tropicalis (120)
P. cubensis (150)
P. maestrensis (72)
Hibiscus elatus (90)
Cedrela odorata (220)

5.2.4 Huertos semilleros (especies, superficie y número de clones o árboles madre):

Pinus caribaea var. caribaea (200 ha) (108 cl.)
P. cubensis (45 ha) (98 cl.)
Hibiscus elatus (13 ha) (84 cl.)

5.2.5 Ensayos de progenie o descendencia (especies y superficie):

Pinus caribaea var. caribaea (27,5 ha)
P. tropicalis (21,5 ha)
P. cubensis (6 ha)
P. maestrensis (7 ha)
Hibiscus elatus (3 ha)
Cedrela odorata (15 ha)

6. METODOS QUE HAN DADO MEJORES RESULTADOS EN LA PROPAGACION VEGETATIVA DE LAS ESPECIES PRINCIPALES

Especie	Método	% de logros
Pinus caribaea var. caribaea	Injerto	80
P. cubensis	"	65
P. maestrensis	"	70
Hibiscus elatus	"	90
Cedrela odorata	"	85

7. REFERENCIAS A LA MEJORA GENETICA

Sírvanse numerar las referencias a la mejora genética forestal de su país, en publicaciones, informes, etc.

7.1 Betancourt, A. y Gonzalez A. (1972) "Trabajos realisados en Cuba sobre mejoramiento genético de P. caribaea Mor. var. caribaea". En: Memorias Especiales de Cuba al VII Congreso For. Mundial, p. 7-26.

7.2 Gonsalez, A. (1974) "Algunos aspectos sobre mejoramiento selectivo de árboles" (mimeografiado) CIF, La Habana, 19 pp.

7.3 Thomsen, J. (1974) "Genética forestal y manejo de semillas forestales" (ditto) CIF, La Habana, 246 pp.

7.4 Zayas, A. y Burley, J. (1973) "Estudio de progenies de P. caribaea var. caribaea en Cajálbana, Cuba, 7 pp.

Declaración del país: REPUBLICA DOMINICANA

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 48 442 km^2

1.3 Población: 5 200 000 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

Bosque húmedo montano bajo (bh-MB)

Bosque seco subtropical (bs-S)

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 1 100 000 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 23%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? NO

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? NO

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal: 70%
De propiedad privada: 20%
De comunidades : —
Sin control efectivo:

2.6 Principales productos (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Leña
Pilotes para cercos
Postes para el tendido eléctrico

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	2	4
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	30	5

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 3 000 000 dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1978: 2 000 ha

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 1 200 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado: 95%

Otros (especifique): 5 empresas mineras y particulares

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.)

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Protección	Pinus occidentalis	1 000	30	--

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Protección y madera aserrable	Pinus caribaea	800	20	--
Leña	Eucalyptus robusta	--	--	--

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? NO

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? NO

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? SI

en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? NO

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

Declaración del país: ECUADOR

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 2 754,4 km^2

1.2 Ubicación: longitud: 78°30'; latitud: 0°0'

1.3 Población: 7 000 000 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

Desde desierto tropical hasta el nival.

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 17 734 000 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 64,45%.

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

Consumo interno de materia prima del bosque y conservación de los recursos natural renovables.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal: 12,41%

De propiedad privada: 0,12%

De comunidades: 0,02%

Sin control efectivo : 87,45%

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trosos para chapas, trosos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Madera aserrable; madera en trozas para tableros de triplex y conglomerado; durmientes; postes; estacas; leña y carbón.

2.7 Personal forestal

	[illegible]	Otros
Profesionales	53	20
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	114	33

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 600 000 dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1976: 25 425 ha.

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 5 000 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado: 70,0%

Otros (especifique): 30,0%

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.).

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha)[1/]	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Aserrío y leña	Eucalyptus globulus	17 405	20	18
Aserrío	Pinus radiata	5 177	30	14
Aserrío y laminado	Tectona grandis	646	30	12
Aserrío y leña	Eucalyptus saligna	156	20	16
Aserrío y estacas	Eucalyptus camaldulensis	132	20	14
Varios usos	Varias especies	129	variable	variable

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha)[1/]	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Aserrío y laminado	Cordia alliodora	1 408	25	14
Conservación	Prosopis juliflora	173	indefinido	10
Aserrío y pilotes	Centrolobium patinense	39	40	14
Conservación	Pseudosamanea guachapele	38	indefinido	18
Varios	Varias especies	122	indefinido	variable

SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? NO Se recolecta para reforestación local.

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? NO

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? NO

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas?

en 3.3.1? SI

en 3.3.2? Para Eucalyptus globulus y Tectona grandis

MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? NO

[1/] La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

Declaración del país: GUATEMALA

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 108 900 km^2

1.3 Población: 7 045 800 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

a) Costa Sur: Bosques tropicales y subtropicales.
b) Altiplano Occidental: Frío húmedo y muy húmedo, bosques mixtos y coníferas.
c) Región Central: Coníferas al occidente frío húmedo, bosques tropicales y subtropicales secos al oriente.
d) Altiplano Oriental: Frio seco, coníferas y bosques mixtos.
e) Norte Intermedio: Tropical húmedo y muy húmedo, coníferas y latifoliadas.
f) Norte (Petén): Bosques tropicales de especies valiosas, muy húmedo.

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 3 610 000 ha.

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosques: 39,7%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

a) Conservar la superficie de bosques todavía existente;

b) Ampliar la superficie de bosque a través de la forestación y reforestación artificial ordenada; y

c) Propiciar el surgimiento de la industria forestal.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal: 100%

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Madera aserrable (palo blanco, caoba, cedro, pino); trozas para enchapado, para postes, para combustible.

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 11 000 000 dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1978: 3 610 000 ha.

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 12 000 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado: 100%

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por [illegible], senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

(GUATEMALA)

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.)

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Reforestación	coníferas	3 000		
	latifoliadas	9 000		

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Reforestación	Leucaena leucocephala			Recientemente introducida
Reforestación	Sesbania aculeata			Recientemente introducida

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? SI

Decreto Gubernativo del 8 de marzo 1979

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? SI, BANSEFOR

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI, BANSEFOR

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? SI

en 3.3.2? SI

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? NO

5.2.2 Superficie de los rodales semilleros de cada una de las especies principales:

Coníferas 1 295 ha
Latifoliadas 200 ha

5.2.3 Arboles "plus" de las especies principales (indíquese entre paréntesis el número de árboles):

Coníferas 155
Latifoliadas -

5.2.4 Huertos semilleros (especies, superficie y número de clones o árboles madre):

Leucaena leucocephala 3 ha (1 000)
Sesbania aculeata 1 ha (100)

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por [illegible], cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

Declaración del país: HONDURAS

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 113 000 km^2

1.2 Ubicación: longitud: 85°; latitud: 14°

1.3 Población: 4 millones habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas: Tropical.

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 7,4 millones ha.

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 65%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

- Perpetuar los máximos beneficios para la nación de la flora, fauna y los suelos en las áreas forestales;
- Asegurar la protección y mejoramiento de los mismos;
- Racionalizar el aprovechamiento, industrialización y comercialización de los productos forestales.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Madera aserrable, chapas y durmientes, leña.

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	76	
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	196	

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 80 millones de dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país 12 600 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado: 100%

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? NO

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? SI

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas?

en 3.3.1? SI

en 3.3.2? Poco trabajo

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? SI

5.1.1 En caso afirmativo, enumere las especies interesadas:

Pinus oocarpa	Liquidambar styraciflua
Pinus caribaea	Didymopanax morototoni
Pinus pseudostrobus	Quercus sp.
Cordia alliodora	Leucaena leucocephala

5.1.2 Caracteres más importantes que son objeto de la mejora genética:

Forma fuste	Densidad básica
Producción resina	Poder calorífico
Longitud fibra	

5.2 Breve esbozo de los métodos de mejora genética ya aplicados:

5.2.1 Ensayos de especies/procedencias (indique entre paréntesis el número de procedencias que se están ensayando):

Pinus oocarpa (29)	Pinus pseudostrobus (18)
Pinus caribaea (26)	Cordia alliodora (6)

5.2.2 Superficie de los rodales semilleros de cada una de las especies principales:

No se han determinado aún.

5.2.3 Arboles "plus" de las especies principales (indíquese entre paréntesis el número de árboles):

No se termina la selección.

5.2.4 Huertos semilleros (especies, superficie y número de clones o árboles madre):

Este año se establecerá el primer; aún no hay datos.

5.2.5 Ensayos de progenie o descendencia (especies y superficie):

A iniciarse en 1980.

7. REFERENCIAS A LA MEJORA GENETICA

Sírvanse numerar las referencias a la mejora genética forestal de su país, en publicaciones, informes, etc.

Estamos tratando de publicar algunas experiencias.

Declaración del país: NICARAGUA

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 130 000 km^2

1.2 Ubicación: longitud: $10^{o}45' - 15^{o}05'$; latitud: $83^{o}30' - 87^{o}20'$

1.3 Población: 2 500 000 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

Bosque tropical seco. Bosque húmedo tropical. Montano y sabana de pinares. Clima tropical de pluvioselva, monsónico de selva, tropical de sabana y subtropical de montaña.

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 4 550 000 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 35%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

Nacionalisación de los bosques y su uso racional.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal: 20%
Sin control efectivo: 80%

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trosos para chapas, trosos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Madera aserrable: 1 000 000 m^3/año

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	7	3
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	12	3

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: $1,5 \times 10^{6}$ dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1978: 1 500 ha.

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 5 000 ha/año

3.2 Organisación y administración de los planes de plantación.

3.2.1 Servicios forestales del Estado: 100%

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

(NICARAGUA)

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.)

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Madera pastific.	Pinus caribaea	3 000	25	4
Leña	Leucaena sp.	500	4	30

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Protección y	Eucalyptus	1 000	-	-
leña	camaldulensis	500	4	30

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? NO

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? NO

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? NO

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? SI
en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? NO

****

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por [illegible], senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

Declaración del país: PANAMA

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 77 082 km^2

1.2 Ubicación: longitud: 77°9' - 83°3'; latitud: 7°12' - 9°38' N

1.3 Población: 1 881 400 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

Bosque seco tropical, bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical, bosque muy húmedo premontano, bosque pluvial premontano, bosque muy húmedo montano bajo.

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 3 225 900 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 50%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

Reducir la importación, desarrollando industrias locales, promoviendo productos locales, apuntar hacia el remedio de la deficiencia en el suministro local de la materia primera que es necesaria para la producción de madera y productos derivados.

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal: 100%

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Muebles, postes, vigas, madera aserrable, trozos para durmientes, contrachapado, tableros.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 10 000 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado: 100%

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.).

3.3.1 Especies autóctonas

	Especie	Superficie neta (ha)1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Muebles y vigas	Cedrela odorata			
Lotes forestales	Bombacopsis quinata			
Poste para cerca	Cordia alliodora			
Madera	Tabebuia pentaphylla			
Madera	Tabebuia guayacan			

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

(PANAMA)

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha)1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin cortesa) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Poste, madera	Tectona grandis	5,41		
Madera	Gmelina arborea	7,7		
Reforestación	Pinus caribaea	2 400		
Madera	Anthocephalus cadamba	1,05		
Madera	Hibiscus elatus	0.95		

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? SI

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? SI

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? 65%

en 3.3.2? 50%

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? NO

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

Declaración del país: PARAGUAY

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 406 752 km^2

1.2 Ubicación: longitud: 54° - 63° W; latitud: 19° - 28° S

1.3 Población: 3 500 000 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

Clima templado subtropical
Vegetación: Estepa espinosa y bosque seco (Reg. Occidental) - HOLDRIDGE
Bosque húmedo (Reg. Oriental) - HOLDRIDGE

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 6 000 000 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 45%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

a) Plan de manejo; b) Plan de reforestación; c) Plan de parques nacionales; d) Plan quinquenal de industrias

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal: 10%
De propiedad privada: 90%

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

a) Madera aserrada; b) Trozos para chapas; c) Trozos para durmientes; d) Postes, pilotes y estacas; e) Madera para leña y carbón.

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	32	10
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	55	10

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 430 000 dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1978: 5 000 ha

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 1 500 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado: - -
Otros (especifique): 100% (privado)

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Madera pastificable	Pinus elliottii	4 500	25	21,1
Madera pastificable	Pinus taeda	30	25	21,3
Madera aserrable	Araucaria angustifolia	3	30	15,8
Madera pastificable	Cupressus japonica	2	25	9,2

Obs.: Resultados en rodales de 13 años, con un raléo de 20% a los 9 años de edad.

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta? NO

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? NO

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? NO

en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? NO

5.1.2 Caracteres más importantes que son objeto de la mejora genética:

a) Buen fuste

b) Rápido crecimiento

c) Calidad físico-mecánica

d) Resistencia a plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas

5.2 Breve esboso de los métodos de mejora genética ya aplicados:

5.2.1 Ensayos de especies/procedencias (indique entre paréntesis el número de procedencias que se están ensayando). Fueron introducidas varias spp. exóticas sin orígen definida:

Pinus elliottii (2)
P. taeda (2)
Araucaria angustifolia (1)
Cupressus japonica (1)
P. caribaea var. caribaea (2)
P. caribaea var. hondurensis (1)
P. palustris (1)
Eucalyptus spp. (12 spp.) varias procedencias

5.2.6 Otros métodos de mejora genética (especifique):

Obs.: En el segundo semestre del año 1979 se inició la introducción de semillas de varias especies exóticas (coníferas y latifoliadas), así también la recolección de semillas de spp. nativas, todas ensayadas pero sin resultados finales.

REFERENCIAS A LA MEJORA GENETICA

Obs.: Carecemos de informes oficiales con referencia a la mejora forestal, excepto algunas publicaciones de resultados parciales en cuanto a introducción de especies, adaptabilidad, etc.

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

Declaración del país: PERU

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 1 285 215 km^2

1.2 Ubicación: longitud: 70°-81°; latitud: 0°-18° S

1.3 Población: 20 000 000 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

Región Costa: dd-PT, ds-PT, dp-PT ($p\bar{p}x$: 0-200 mm; $T.\bar{x}$:21°C)

Región Sierra: bh-MT, ee-MBT, bmh-MT ($p\bar{p}x$: 250-1 400 mm; $T.\bar{x}$:14°C)

Región Selva: bh-T, bmh-T ($p\bar{p}x$: 900-4 000 mm; $T.\bar{x}$:24°C)

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 74 120 000 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 60%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

- Satisfacer la demanda nacional de madera y productos forestales.
- Iniciar el aprovechamiento de las tierras de aptitud forestal mediante la reforestación con fines de desarrollo social y económico.
- Sentar las bases de aprovechamiento optimizado de los recursos forestales y de fauna silvestre.

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal: 99,8%
De propiedad privada: 0,04%
De comunidades : 0,16%

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Madera aserrable, trozas para chapas, madera compensada, parquet, durmientes, postes, pilotes para minas, leña, carbón.

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	240	
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	130	

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 6 000 000 aprox. dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1978: 120 000 ha

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 15 000 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado: 98%
Otros (especifique): privada : 2%

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.)

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) (superficie bruta menos la superficie ocupada por caminos cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas)
Madera aserrable y Laminado	Cedrela sp.) Swietenia) Cedrelinga)	1 800
Carbón, leña frutos, parquet	Prosopis sp.) Tecoma sp.) Lexopterygium)	4 000

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	(Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Madera aserrable) postes, durmientes) leña, protección)	Eucalyptus globulus	108 000	20	18-20
Madera aserrada	Pinus radiata	3 000	20	14-80
Madera aserrada	Cupressus sp.) Pinus caribaea) Eucalyptus grandis) E. saligna)	200	20	12-14

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? SI

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? SI

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? SI

en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? SI

5.1.1 En caso afirmativo, enumere las especies interesadas.

Pinus radiata, P. greggii
P. patula, P. elliottii
Eucalyptus globulus, E. grandis

5.1.2 Caracteres más importantes que son objeto de la mejora genética:

Crecimiento rápido
Rectitud del fuste
Resistencia

5.2 Breve esbozo de los métodos de mejora genética ya aplicados:

5.2.2 Superficie de los rodales semilleros de cada una de las especies principales:

Pinus radiata (20 ha)

Declaración del país: URUGUAY

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 187 000 km^2

1.2 Ubicación: longitud: 54-58° W; latitud: 30-35° S

1.3 Población: 3 000 000 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

Debido a la reducida extensión territorial, no existen en el país grandes variaciones climáticas ni vegetativas; el clima es templado suave y la vegetación primordialmente de pradera.

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 746 000 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 3,9%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

- Abastecimiento de la demanda interna de los productos del bosque (madera aserrada) en rollo, pulpa y papel, leña, tableros, etc.)
- Exportación de saldos de producción
- Concentración de masas boscosas

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal: 3%
De propiedad privada: 97%

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable)

- Madera para combustible : 1 200 000 m^3
- Madera para sierra y tableros: 150 000 m^3
- Madera para pasta : 115 000 m^3
- Madera para chapas : 12 000 m^3

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	32	60
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	8	20

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1978: 157 500 ha.

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 5 000 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicio forestales del Estado: 25%
Otros (especifique): Privado : 75%

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.).

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Aserrío, pulpa y tableros	Pinus elliottii P. taeda, P. pinaster	25 000	25	18
Aserrío, leña, pasta, tableros	Eucalyptus umbellata E. camaldulensis, E. globulus, E. grandis	110 000	20	22
Envases, aserrío	Salicaceas	8 000	18	16

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? NO

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? En formación

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? NO

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas

en 3.3.1? - -

en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal? SI

5.1.1 En caso afirmativo, enumere las especies interesadas:

Pinus elliottii, P. taeda
P. patula, P. pinaster,
P. radiata
Eucalyptus grandis
E. globulus, E. smithii
E. maidenii, E. resinifera,
E. bosistoana, E. umbellata
Salix sp., Populus sp.
Platanus occidentalis

5.1.2 Caracteres más importantes que son objeto de la mejora genética:

Crecimiento
Conformación
Calidad de madera
Resistencia a factores climáticos
y agentes biológicos

5.2 Breve esbozo de los métodos de mejora genética ya aplicados:

5.2.1 Ensayos de especies/procedencias (indique entre paréntesis el número de procedencias que se están ensayando):

Pinus taeda (11)
Pinus elliottii (5)
Pinus patula (3)
Eucalyptus grandis (15)
Eucalyptus umbellata (15)
Eucalyptus maidenii (3)

5.2.2 Superficie de los rodales semilleros de cada una de las especies principales:

Pinus taeda (20 ha)
Pinus elliottii (15 ha)
Eucalyptus grandis (1,5 ha)

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

(URUGUAY)

5.2.4 Huertos semilleros (especies, superficie y número de clones o árboles madre):

Pinus taeda: 4 ha, 12 árboles madre
Pinus elliottii: 4 ha, 19 árboles madre

5.2.5 Ensayos de progenie o descendencia (especies y superficie):

Eucalyptus grandis: 0,2 ha

5.2.6 Otros métodos de mejora genética (especifique):

En Salix sp., Populus sp. y Platanus occidentalis se realiza selección de clones.

6. METODOS QUE HAN DADO MEJORES RESULTADOS EN LA PROPAGACION VEGETATIVA DE LAS ESPECIES PRINCIPALES

Especie	Método	% de logros
Salix sp., Populus sp.	Estacado sin tratamiento	90-100 %
Platanus occidentalis	Estacado sin tratamiento	85-95 %

7. REFERENCIAS A LA MEJORA GENETICA

Sírvase numerar las referencias a la mejora genética forestal de su país, en publicaciones, informes, etc.

1) Krall, J. Adaptabilidad de coníferas de Norteamérica plantadas en el Uruguay y su susceptibilidad a insectos y enfermedades. Boletín del Departamento Forestal N° 16.

2) Krall, J. Populus: datos sobre fenología y crecimiento en el Uruguay. Boletín del Departamento Forestal N° 17.

3) Krall, J. Fundamentos para nuevas introducciones de Eucalyptus en el Uruguay. Facultad de Agronomía, Boletín N° 17.

****

Declaración del país: VENEZUELA

1. INFORMACION GEOGRAFICA GENERAL

1.1 Superficie territorial: 913 050 km^2

1.2 Ubicación: longitud: $59^{\circ}48'$ - $73^{\circ}11'49''$ W; Latitud: $0^{\circ}43'$ - $12^{\circ}11'46''$ N

1.3 Población: 15 000 000 habitantes

1.4 Principales zonas climáticas y vegetativas:

Bosque seco tropical, bosque húmedo tropical, bosque muy seco tropical, bosque muy húmedo premontano.

2. BOSQUES Y POLITICA FORESTAL NACIONAL

2.1 Superficie boscosa: 47 971 000 ha

2.2 Parte de la superficie territorial cubierta de bosque: 53%

2.3 ¿Tiene su país una política forestal nacional escrita? SI

2.3.1 ¿Si tiene una política nacional forestal, cuáles son sus principales objetivos declarados?

Los objetivos siguen líneas principales correspondientes a las tres unidades de bosque: función protectora, función productora y funciones accesorias (recreación, investigación, docencia, etc.)

2.4 ¿Hay legislación sobre la aplicación de esta política? SI

2.5 Tenencia de los bosques

Bajo control estatal: 82%
De propiedad privada: 18%

2.6 Principales productos forestales (por ejemplo, madera aserrable, goma, cera y miel de abeja, trozos para chapas, trozos para durmientes, postes, pilotes y estacas, madera pastificable):

Madera aserrable, trozas para chapa, tableros de partículas, durmientes, postes.

2.7 Personal forestal

	Fiscal	Otros
Profesionales	160	294
Subprofesionales (con diploma o certificado de estudios)	-	-

2.8 Presupuesto bruto anual de la actividad forestal: 20 000 000 dólares EE.UU.

3. FORESTACION Y REFORESTACION. GENERALIDADES

3.1 Superficies

3.1.1 Superficie total neta[1/] de las plantaciones a fines de 1978: 101 850 ha.

3.1.2 Superficie anual prevista en los planes de forestación/reforestación en el país: 32 000 ha/año

3.2 Organización y administración de los planes de plantación

3.2.1 Servicios forestales del Estado: 85%
Otros (especifique): Asociación Estado-Particulares: 10%
Particulares: 5%

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

(VENEZUELA)

3.3 Finalidad principal prevista (por ejemplo, madera aserrable, postes y estacas, madera pastificable, leña, protección, etc.).

3.3.1 Especies autóctonas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Aserrío	Anacardium excelsa Swietenia macrophylla Cedrela odorata Cordia alliodora Cordia apurensis Tabebuia rosea	2 800	-	-

3.3.2 Especies introducidas

Finalidad	Especie	Superficie neta (ha) 1/	Rotación (años)	Incremento medio anual (sin corteza) al fin de la rotación (m^3/ha/año)
Celulosa	Eucaliptos	3 000	6	20
Celulosa	Pino Caribe	101 850	12	10
Aserrío	Teca	620	30	-
Protección	Pino, Eucaliptos y otras			

4. SUMINISTRO DE SEMILLAS Y PLANTAS

4.1 Servicio y control del suministro de semillas

4.1.1 ¿Se han definido zonas semilleras de especies autóctonas (o sea, se restringe comunmente el empleo de la semilla para forestación/reforestación a la zona en que se recolecta)? SI

4.1.2 ¿Hay un sistema nacional de certificación de semillas? SI

4.1.3 ¿Hay instalaciones de almacenamiento de semillas con control de temperatura? SI

4.1.4 ¿La oferta nacional de semillas satisface la demanda de las especies enumeradas?

en 3.3.1? SI

en 3.3.2? NO

5. MEJORA GENETICA FORESTAL

5.1 ¿Tiene ese país un programa oficial de mejora genética forestal?

Solo a nivel de investigación en organismos o Institutos autónomos con el objetivo de ahondar sobre las materias, pero sin existir un programa a nivel nacional por parte del Estado.

5.1.1 En caso afirmativo, enumere las especies interesadas:

Pinus caribaea var. hondurensis
Bombacopsis quinata

5.1.2 Caracteres más importantes que son objeto de la mejora genética:

Rectitud del fuste, bifurcaciones, anomalias, altura, densidad de la madera y volumen en el caso del Pino Caribe

Aletones, bifurcación en Bombacopsis quinata

1/ La superficie neta es la superficie bruta de las plantaciones, menos la superficie ocupada por caminos, senderos, cortafuegos, edificios y otras áreas no arboladas.

(VENEZUELA)

5.2 Breve esbozo de los métodos de mejora genética ya aplicados:

5.2.1 Ensayos de especies/procedencias (indique entre paréntesis el número de procedencias que se están ensayando):

Género Pinus (32 spp.)
Latifoliadas autóctonas (10 spp.)
Latifoliadas exóticas (25 spp.)

5.2.2 Superficie de los rodales semilleros de cada una de las especies principales:

Pinus caribaea var. hondurensis (520 ha) - en proceso de establecimiento (CVG-CONARE)

5.2.3 Árboles "plus" de las especies principales (indíquese entre paréntesis el número de árboles):

Hay 40 árboles de Pinus caribaea seleccionados como candidatos.

5.2.4 Huertos semilleros (especies, superficie y número de clones o árboles madre):

Bombacopsis quinata
Tabebuia rosea
Pinus caribaea

5.2.5 Ensayos de progenie o descendencia(especies y superficie):

Bombacopsis quinata
Tabebuia rosea

5.2.6 Otros métodos de mejora genética (especifique):

Polinización dirigida y libre en Bombacopsis quinata.

6. METODOS QUE HAN DADO MEJORES RESULTADOS EN LA PROPAGACION VEGETATIVA DE LAS ESPECIES PRINCIPALES

Especie	Método	% de logros
Bombacopsis quinata	Injerto y estaca	90
Cedrela odorata	Injerto	
Tabebuia rosea	Injerto	
Pinus caribaea	Injerto, acodo aéreo	30-50

7. REFERENCIAS A LA MEJORA GENETICA

Sírvase numerar las referencias a la mejora genética forestal de su país, en publicaciones, informes, etc.

Quijada y Gutierrez. Estudio sobre la propagación vegetativa de especies forestales venezolanas.

Mendez y Luis. Etapas preliminares para el establecimiento de un rodal semillero en Chaguaras Estado Monagas.

Norman Smith. Selección de árboles en Cachipo para establecer un huerto semillero de Pinus caribaea.

Apéndice VII.

BIBLIOGRAFIA

1. Publicaciones que se distribuirán a todos los participantes

a. Estadística, diseño experimental, selección de especies/procedencias

Freese, F. 1978. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. Servicio Forestal, Departamento de Agricultura de los EE.UU. de América. Manual de Agricultura Núm. 317. Centro Regional de Ayuda Técnica, AID. Mexico/BsAs.

Burley, J. & Wood, P.J. 1979. (Editores). Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos. CFI Tropical Forestry Papers no. 10 & 10A (Edición Española). Oxford, Reino Unido.

b. Conservación de recursos genéticos forestales

Roche, L., 1978. (Editores). Metodología de la conservación de los recursos genéticos forestales. Informe sobre un estudio piloto. FO:MISC/75/8. FAO/UNEP, Roma.

FAO 1977. Informe de la Cuarta Reunión del Cuadro de Expertos de la FAO en Recursos Genéticos Forestales. FO: FGR/4/Rep. FAO, Roma.

FAO 1975. Información sobre Recursos Genéticos Forestales no. 4 (Programa Global para el Mejor Aprovechamiento de Recursos Genéticos Forestales). Documento Ocasional Forestal 1975/1. FAO, Roma.

FAO 1978. Información sobre Recursos Genéticos Forestales no. 8. Documento Ocasional Forestal 1978/2. FAO, Roma.

c. Informes sobre conferencias y consultas técnicas

FAO 1978. Genética. Ponencias seleccionadas de la Tercera Consulta Mundial sobre Mejoramiento de Arboles Forestales. Unasylva 30 (119/120). FAO, Roma.

d. Genética, mejoramiento de árboles forestales

Faulkner, R. 1975. Seed Orchards. Forestry Commission Bulletin no. 54. London, U.K.

Koenig, A. & Melchior, G.H. 1978. Propagación vegetativa en árboles forestales. FAO/PNUD COL/74/005, P.I.F. no.9. INDERENA, Bogotá.

e. Recolección de semillas forestales; almacenamiento y tratamiento de semillas

Greaves, A. 1978. Descriptions of seed sources and collections for provenances of Pinus caribaea. Commonwealth Forestry Institute, Oxford. Tropical Forestry Papers no.12. Oxford, U.K.

Bonner, F.T. 1977. Equipment and Supplies for Collecting, Processing, Storing and Testing Forest Tree Seed. USDA Forest Service, General Technical Report SO-13. Southern Forest Expt Station, New Orleans, Louisiana.

Yeatman, C.W. & Nieman, T.C. 1978. Safe tree climbing in forest management. Petawawa Forest Experiment Station, Chalk River, Ontario. Forestry Technical Report 24.

FAO 1977 Manual I, sobre elección de rodales para la recolección de semillas forestales. INAFOR-BANSEFOR-FAO. FAO/TCP GUA-6/01-T, Guatemala.

FAO 1978 Manual II, para la recolección de semillas forestales. INAFOR-BANSEFOR-FAO. FAO/TCP GUA-6/01-T, Guatemala.

van Dijk, K., Venegas Tovar, L., & Melchior, G.H. 1978 El suministro de semillas como base de reforestaciones en Colombia. FAO/PNUD COL/74/005, P.I.F. no. 13. INDERENA, Bogotá.

Gordon, A.W. 1979 Uso y abastecimiento de semillas forestales en Chile. FAO/PNUD, DP/CHI/76/003, Documento de Trabajo no.16. Santiago de Chile.

f. Información sobre especies particulares

g. Reforestación, plantaciones forestales

FAO 1978 Métodos de establecimiento de plantaciones forestales. Estudio FAO: Montes no.8. FAO, Roma.

Navarro, C. & Molina, R.J., & Montero de B., J.L. 1975 Técnicas de forestación. ICONA, Monografías no.9. (2a Edición). Madrid, España.

Sommer, A. & Dow, T. 1978 Compilation of indicative growth and yield data on fast-growing exotic tree species planted in tropical and sub-tropical regions. FO: MISC/78/11. FAO, Roma.

Lanley, J.P. & Clement, J. 1979 Bosques y plantaciones en el trópico: superficie actual y futura. FO/MISC/79/1. FAO, Roma.

h. General

FAO 1978 Obras en venta. FAO, Roma.

2. Publicaciones disponibles para su referencia

a. Estadística, diseño experimental, selección de especies/procedencias

FAO 1970 Mejoramiento de árboles y biometría, Cuba. FAO: SF/CUB 3, Informe Técnico no.1. FAO, Roma.

FAO 1972 Genética y biometría, Cuba. FAO:SF/CUB 3, Informe Técnico no.3. FAO, Roma.

b. Conservación de recursos genéticos forestales

FAO 1973-78 Información sobre Recursos Genéticos Forestales, no.s 1-8. Documentos Ocasionales FAO. FAO, Roma.

Lucas, G. & Synge, H. (Editores). 1978 The IUCN Plant Red Data Book. IUCN/WWF, Morges, Switzerland.

Frankel, O.H. & Bennett, E. (Editores). 1970 Genetic resources in plants: their exploration and conservation. IBP Handbook no.11. Blackwell Scientific Publications, London, U.K.

c. Informes sobre conferencias y consultas técnicas

Anon 1978 Actas de la tercera consulta mundial FAO/IUFRO sobre la mejora de árboles forestales, I - III. CSIRO, Canberra, Australia.

Burley, J. & Nikles, D.G. (Editores). Selection and breading to improve some tropical 1972/73 conifers. Based on papers submitted to a Symposium of IUFRO Working Groups on Breeding of Tropical and Sub-tropical Species &. on Quantitative Genetics applied to forest trees, held in Gainesville, Florida, 1971. CFI, Oxford, U.K.

Burley, J. & Nikles, D.G. Tropical provenance and progeny research and international 1973 cooperation. Proceedings of a joint Meating of IUFRO Working Parties S.2.02.8 and S2.03.1, held in Nairobi, Kenya 1973. CFI, Oxford, U.K.

Nikles, D.G. , Burley, J. & Barnes, R. D. Progress and problems of genetic improvement 1978 of tropical forest trees. Proceeding of a joint workshop of IUFRO Working Parties S2.02.8 and S2.03.1, held in Brisbane, Australia, 1977. CFI, Oxford, U.K.

FAO 1963 Actas de la consulta mundial FAO/IUFRO sobre genética forestal y mejora del árbol, Estocolmo. FAO, Roma.

FAO 1969 Actas de la segunda consulta mundial FAO/IUFRO sobre mejora de árboles forestales, Washington. FAO, Roma.

FAO 1964 Consulta FAO/IUFRO sobre genética forestal. Unasylva 18 (2-3), no.s 73-74. FAO, Roma.

FAO 1970 Consulta FAO/IUFRO sobre mejora de árboles forestales. Unasylva 24 (2-3), no.s 97-98. FAO, Roma.

d. Genética, mejoramiento de árboles forestales

Wright, J.W. Mejoramiento genético de los árboles forestales. FAO: Estudios de silvi- 1964 cultura y productos forestales no.16. FAO, Roma.

Allard, L.W. (trad. J.L. Montoya). Principios de la mejora genética de las plantas. Editorial Omega S.A., Barcelona, España.

Baldwin, R.E. Genética elemental. Editorial Limusa, México D.F. 1976

Hartmann, H.T. & Kester, D.E. Propagación de plantas: teoría y práctica . Editorial 197- Continental, México.

Stern, K. & Roche, L. Genetics of Forest Ecosystems. Ecological Studies no.6. Chapman 1974 & Hall Ltd., London, U.K.

Dorman, K.W. The Genetics and breeding of southern pines. USDA Agric. Handbook no.471 1976 USDA, Forest Service. Washington D.C.

FAO 1974 Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Tree Improvement, Kenya 1973. FAO, Roma.

ADAA 1978 Selected reference papers. International Training Course in Forest Tree Breeding, Canberra 1977. Australian Development Assistance Agency, Australia.

Burdon, R. Mejoramiento genético forestal en Chile. FAO/PNUD DP/CHI/76/003, Documento
1978 de Trabajo no.11. Santiago de Chile.

Melchior, G. H. Bases y posibilidades del mejoramiento genético de árboles forestales
1977 en Colombia. FAO/PNUD COL/74/005, P.I.F. no.4 . INDERENA, Bogotá.

Melchior, G.H. Programa preliminar de un ensayo de procedencia de Cordia alliodora,
1977 Cupressus lusitanica y otras especies nativas y exóticas. FAO/PNUD COL/74/005, P.I.F. no.7. INDERENA, Bogotá.

Shelbourne, C.J.A. Tree Breeding Methods. New Zeland Forest Service. Technical
1969 Development Paper no. 55. Wellington, N. Z.

e. Recolección de semillas forestales; almacenamiento y tratamiento de semillas

FAO Report on the FAO/DANIDA Training Course on Forest Seed Collection and
1975 Handling, I-II, Thailand 1975. FAO, Roma.

ISTA Reglas Internacionales para ensayos de semillas. Librería Agrícola, Madrid,
197- España.

Catalan Bachiller, G. Semillas de árboles y arbustos forestales. Min. Agric. (ICONA)
1977 Madrid, España.

Anon Seeds of Woody Plants in the United States. USDA Agric. Handbook no.450.
1974 USDA, Forest Service. Washington D.C.

FAO Catálogo de Semillas Forestales. FAO, Roma.
1975

IBPGR Report of IBPGR Working Group on engineering, design and cost aspects of long-
1976 term seed storage facilities. International Board for Plant Genetic Resources. FAO, Roma.

Lowman, B. J. Equipment for processing small seedlots. Catalog no. 7524-2505. USDA
1975 Forest Service, Missoula, Montana.

FAO Notas sobre semillas forestales (Segunda Edición). Zonas áridas y tropica-
1968 les húmedas. FAO: Cuadernos de Fomento Forestal no.5. FAO, Roma.

Purtich, G. S. Cone production in conifers. Canadian Forestry Service, BC - X - 65.
1972 Department of the Environment. Victoria, British Columbia.

Sarvas, R. Investigations on the flowering and seed crop of Pinus silvestris L. Com.
1962 Inst. For. Fenniae 53.4.Helsinki, Finland.

Melchior, G.H. & Venegas T. L. Propuesta para asegurar el suministro de semillas de
1978 Eucalyptus globulus en calidad comercial y genéticamente mejoradas. FAO/PNUD COL/74/005, P.I.F. no.14. INDERENA, Bogotá.

FAO Centro de Semillas forestales, Paraguay. Estudio de Factabilidad Técnica
1978 para su establecimiento, organización y funcionamiento. FAO/SFN/TCP 6/PAR/02-T. Asunción, Paraguay.

Bramlett, D.L. et al. Cone analysis of Southern Pines: a Guidebook. USDA, Forest Service
1978 General Technical Report no. SE-13. Washington D.C.

f. Información sobre especies particulares

FAO 1973/74/75 Bibliografías anotadas sobre Pinus patula, Cupressus lusitanica y Pinus elliottii . FAO, Roma.

Carruyo, L.J. 1976 Bibliografías sobre Pinus caribaea (1938-72; 1973-75), I - II. Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Publicaciones Técnicas 76-01-02 y 01-03-76. Mérida, Venezuela.

CFI, Oxford, "Fast Growing Timber Trees of the Lowland Tropics", numbers:

1. Gmelina arbórea (1968)
2. Cedrela odorata (1968)
3. The Araucarias (1968)
4. Pinus merkusii (1968)
5. Terminalia ivorensis (1971)
6. Pinus caribaea (1973)

CFI, Oxford, "Tropical Forestry Papers", numbers,

7. Pinus patula (1975)
8. Eucalyptus camaldulensis (bibliography) (1975)
9. Pinus kesiya (1979)
10. Agathis (1977)

US Department of Agriculture, Forest Service; Research Papers:

WO - 19 (1973): Genetics of loblolly pine
WO - 20 (1974): Genetics of slash pine
WO - 35 (1978): Genetics of douglas fir

Gibson, I.A.S. 1975 Diseases of forest trees widely planted as exotics in the tropics and Southern hemisphere. I. Commonwealth Mycological Institute/Commonwealth Forestry Institute, Oxford, U.K.

Gibson, I.A.S. 1979 Diseases of forest trees widely planted in the tropics and Southern hemisphere. II. The genus Pinus. CMI/CFI, Oxford, U.K.

Greaves, A. 1979 Descriptions of seed sources and collections for provenances of Pinus oocarpa. CFI Tropical Forestry Papers no.13. Oxford, U.K.

Howland, P. 1979 Pericopsis elata (Afromorsia) A summary of silvicultural knowledge. CFI, Oxford, U.K.

Anon 1976 Leucaena - promising forage and tree crop for the tropics. National Academy of Sciences, Washington D.C.

Anon 1976 Under-exploited tropical plants with promising economic value. National Academy of Sciences, Washington D.C.

Venegas T. L. 1978 Distribución de once espécies forestales en Colombia. FAO/PNUD COL/74/005, P.I.F. no.11. INDERENA, Bogotá.

Melchior, G.H. 1977 Propuesta para mejorar la producción del Inchi por métodos silviculturales y genéticos. FAO/PNUD COL/74/005. P.I.F. no.8. INDERENA, Bogotá.

FAO 1971 Insectos que atacan a Pinus caribaea en el noreste de Nicaragua. FAO/SF/NIC 9, Informe Técnico no.1. FAO, Roma.

Ntima, O.O. 1971 Los Araucarias. Boll. 36-37, IFLAIC, Mérida, Venezuela.

FAO 1980 Populus spp. - manual sobre plantación y uso. FAO, Roma (en prensa).

FAO 1980 Eucalyptus spp. - manual sobre plantación y uso. FAO, Roma (en prensa).

g. Reforestación, plantaciones forestales

FAO 1978 Choice of tree species. FAO Forestry Development Papers no. 13 (2nd Ed.). FAO, Roma.

FAO 1974 Manual sobre planificación de bosques artificiales. FO: MISC/73/22. FAO, Roma.

Paul, D.K. 1972 A handbook of nursery practice for Pinus caribaea var. hondurensis and other conifers in West Malaysia. FO:SF/MAL 12, Working Paper no.19 . Kuala Lumpur.

FAO 1960 Prácticas de plantación forestal en América Latina. FAO Montes, Cuad. Fom. Forestal no.15. FAO, Roma .

Cozzo, D. 1976 Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires.

FAO 1975 Prácticas de plantación de árboles en la sabana africana. Cuad. Fom. Forestal no. 19. FAO, Roma.

FAO 1977 Savanna Afforestation in Africa. FAO Forestry Paper no. 11. FAO, Roma.

FAO 1978 Actividades forestales en el desarrollo de comunidades locales. Estudio FAO: Montes no. 7 . FAO, Roma.

FAO 1979 La contribución forestal a las comunidades rurales. FAO, Roma. Depto. de Montes.

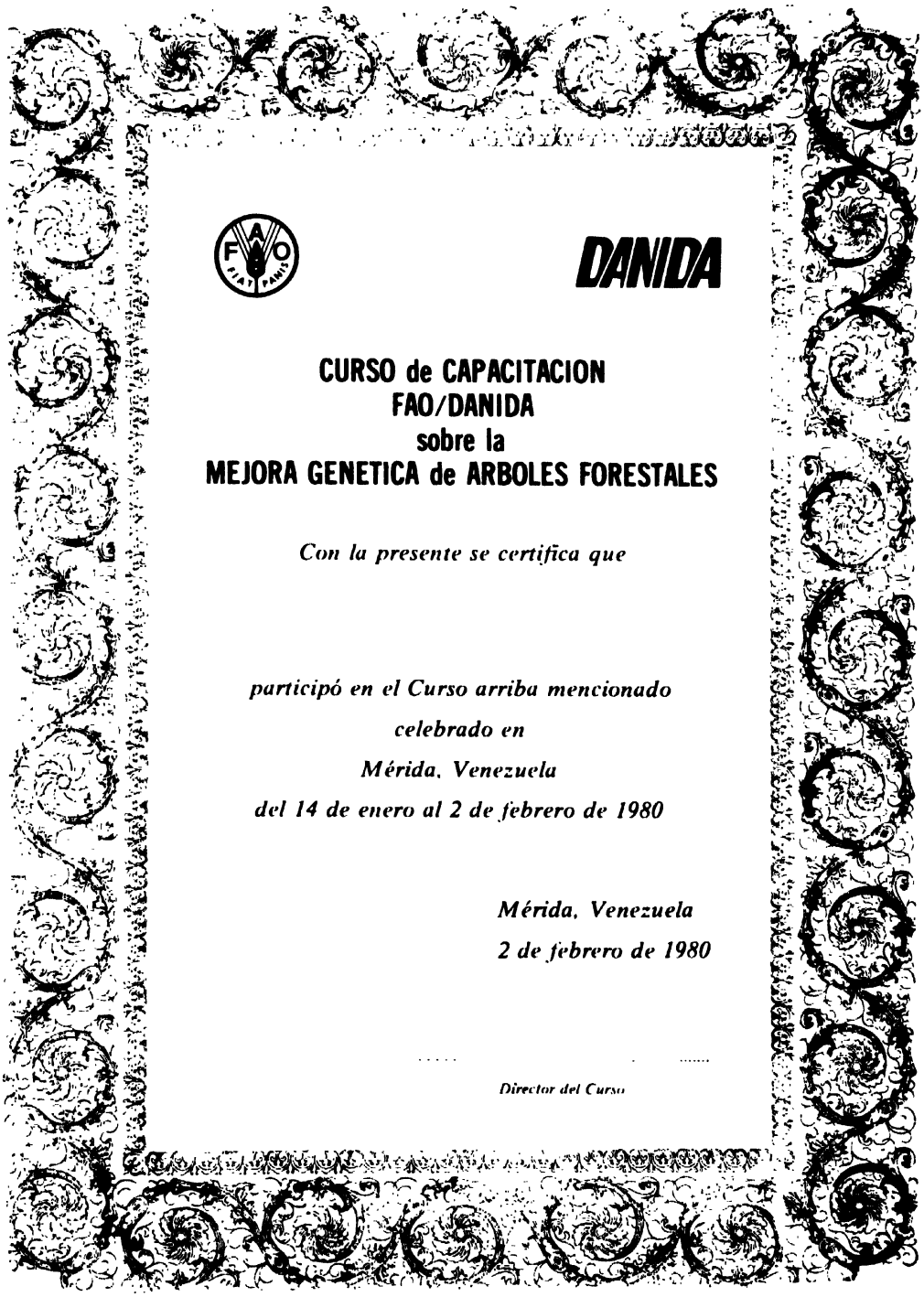
FAO 1967 Simposio de la FAO sobre bosques artificiales y su importancia industrial. Unasylva 21 (3-4), nos. 86-87. FAO, Roma.

Anon 1978 Tropical Forest ecosystems: a state-of-knowledge report prepared by UNESCO/UNEP/FAO. Natural Resources Research XIV, UNESCO, Paris.

****

Apéndice VIII

CERTIFICADO DE PARTICIPACION ENTREGADO A LOS PARTICIPANTES



DANIDA

CURSO de CAPACITACION
FAO/DANIDA
sobre la
MEJORA GENETICA de ARBOLES FORESTALES

Con la presente se certifica que

participó en el Curso arriba mencionado
celebrado en
Mérida, Venezuela
del 14 de enero al 2 de febrero de 1980

Mérida, Venezuela
2 de febrero de 1980

.....

Director del Curso

11138